

2016



天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK



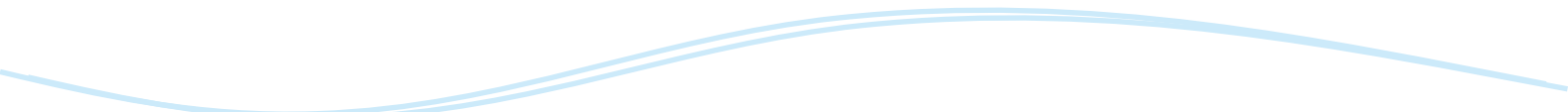
災害紀實

Natural Disaster
Yearbook

2016
天然災害紀實



行政法人
國家災害防救科技中心



主任序言

2016 年的第一個月，大臺北近郊地區出現了數十年難得一件的雪景，多日的零下低溫，造成了 42 億元空前鉅額的寒害損失。農曆除夕前一天 (2 月 6 日)，高雄美濃發生規模 6.4 的地震，在臺南地區產生大樓的倒塌事件，這一場災害奪走了 117 條寶貴的性命。同樣的這一年裡，4 月 16 日日本熊本發生規模 7.3 的地震，造成近 50 人的死亡；4 月 17 日南美洲的厄瓜多發生規模 7.8 強震，造成 676 人喪生；8 月 24 日義大利中部規模 6.2 的淺層地震，造成近 300 人的死亡。



緊接著，六月份臺灣地區的梅雨，造成桃園國際機場淹水；七月份尼伯特強烈颱風侵襲臺東地區，雖然累積降雨不高，但是超過 17 級的強陣風讓臺東市區滿目瘡痍，廣告招牌、屋瓦、門窗吹落各地，也同時造成釋迦水果的重大損失。九月份接踵而來的 3 個強烈颱風莫蘭蒂、馬勒卡、梅姬，分別造成高雄港貨櫃倒塌、輪船翻覆，臺東愛國蒲、紅葉部落發生土石流災害。幸好中央災害應變中心及地方政府防災中心之各項情資訊息都能迅速即時的分享彼此，大家同心協力，在第一時間都做好防、減災的各項準備工作，讓災害的衝擊降到了最低點。

在國際災害篇中，本報告也提到了 3 到 4 月份的巴基斯坦洪災，造成 200 餘人喪生；5 月份的斯里蘭卡崩塌災害，造成 200 餘人的死亡及失蹤；6 月份中國長江中下游的洪災，為三峽大壩建壩後最大的氾濫事件；8 月份日本東北地區因為獅子山颱風，造成岩手縣岩泉町老人安養中心 9 位高齡長者，因避難不及而喪生，引起各界對於長照機構在防災應變的高度注意。本報告也報導了加拿大麥克默里堡 (Fort McMurray) 5 月份發生的森林大火，火災焚燒面積達 59 萬 5 千餘公頃，約有 8 萬 8 千餘居民強制撤離疏散，初步經濟損失約 47 億元加幣，該森林火災事件已成為加拿大經濟損失最大的一次災害事件。

這個年度的「災害紀實」出版，是希望以科普方式的災害介紹，來提醒居住在一塊土地上的所有民眾，要有居安思危的生活意識，也就是在平常的生活環境中，無時無刻要做好防災、減災的準備工作，讓災害的衝擊減低至最輕的地步。

陳宏宇

2017 年 3 月

目錄

CONTENT

	主任序言	I
第壹篇	2016 年國際災情概述	1
	2016 年十大天然災害統計	2
	2016 年災情概述與分布	5



加拿大森林大火
麥克默里堡

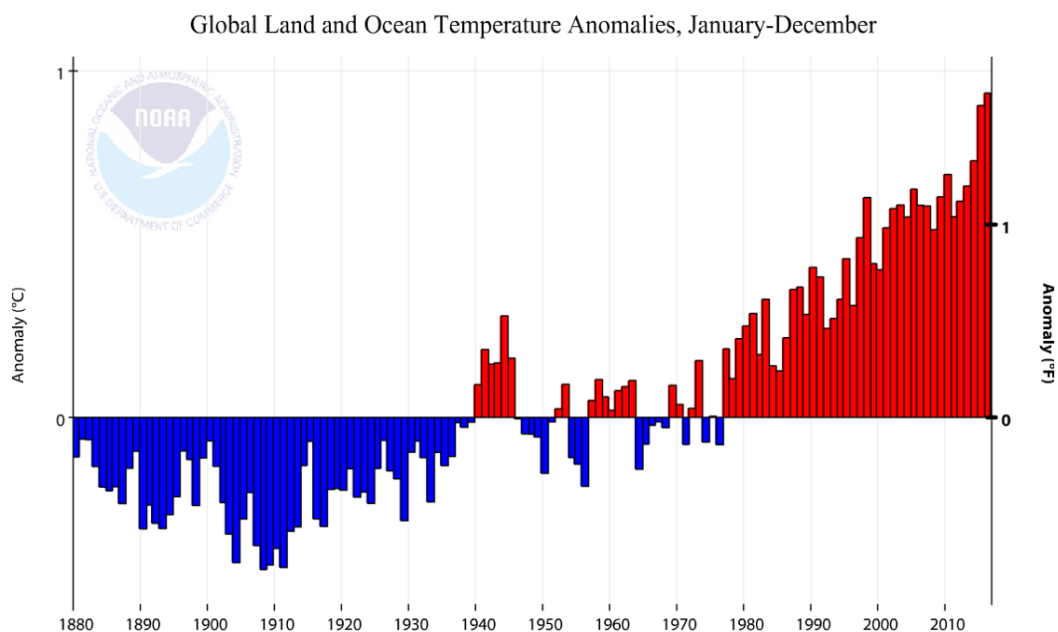
▲ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊



第貳篇	臺灣災害	8
	一月寒流事件	8
	0206 美濃地震	11
	德翔台北貨輪擱淺漏油事件	17
	尼伯特颱風	22
	莫蘭蒂颱風	27
	梅姬颱風	36
特別企劃	加拿大森林大火	39
第參篇	國際天然災害	47
	巴基斯坦山洪爆發	47
	斯里蘭卡崩塌災害	52
	中國大陸長江中下游洪災	55
	日本獅子山颱風	59
	中美洲厄爾颶風	62
	南韓芙蓉颱風	65
	中北美洲馬修颶風	69
	日本熊本地震	75
	義大利地震	83
	結語	91
	參考文獻	93

第壹篇 2016 年國際災情概述

根據美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 分析的資料指出：自 1880 年以來，全球年均溫以每十年 0.07°C 遞增，而 2016 年是這紀錄以來，最溫暖的一年，並且自 2014 年起，連續三年創新高。2016 年全球海洋及陸地平均溫度高出長期平均值約 0.94°C ，其主要原因是受到強烈的聖嬰現象 (El Niño) 影響所致。其在降雨表現：降雨不平均，且與過去降雨發生頻率也不一致，因此在世界各地發生了極端降雨導致洪災或極端乾旱情況。



▲ 1880 年至 2016 年溫度距平圖 (資料來源：美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA))

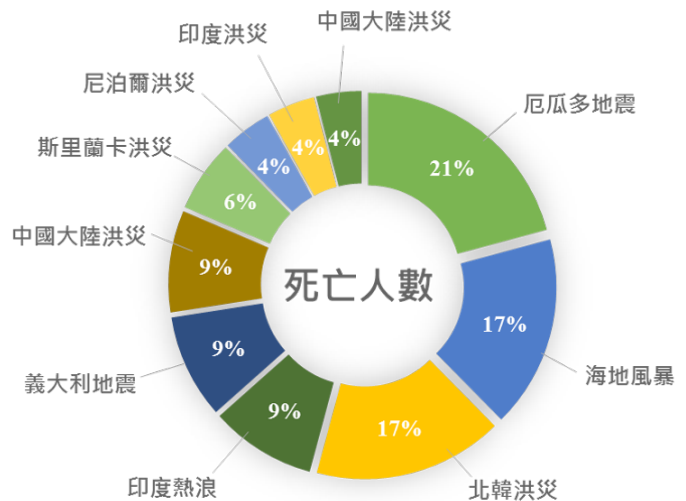
接下來，在本篇國際災情概述中，利用二種統計方式來呈現 2016 年間，國際天然災情的概況。首先，以災害的「死亡人數」、「影響人數」及「經濟損失」等三面向來篩選前十大事件，其中「死亡人數」最多的災害事件為厄瓜多地震，共造成近 700 人的死亡；「影響人數」最多的是印度的乾旱事件，影響人數高達 3 億 3 千多萬人；「經濟損失」最高的為日本熊本地震。整體來看，2016 年災害事件造成的傷亡或損失為近幾年中相對較小的一年。

另外一種統計方式以國家為單位，計算受災次數的多寡進行排序，其中以中國大陸受災次數最高達 29 次的災害事件，其次為美國，計有 19 次災害事件，印度為第三，共有 17 次災害事件。

2016 年十大天然災害統計

死亡人數統計

依據 EM-DAT 資料庫顯示：「死亡人數」前十名的天然災害事件，以厄瓜多地震造成 676 人死亡，為 2016 年傷亡最嚴重的災害事件；馬修颶風在中美洲造成的死傷是年度最嚴重的颶風事件，尤其是在海地造成的死亡名列十大災害死亡人數的第二大事件。排序第五的義大利中部古城發生的地震，共計 296 人罹難。而連續二年遭受熱浪侵襲的印度（排序第四），雖相較 2015 年來得少（2,248 人），在 2016 年依然造成 300 人死亡。其餘的災害事件為颶風災害，共造成 2,572 人死亡，低於前幾年的統計數字。另外，排名第十三的事件為臺灣 0206 美濃地震引發維冠大樓倒塌等共造成 117 人死亡。



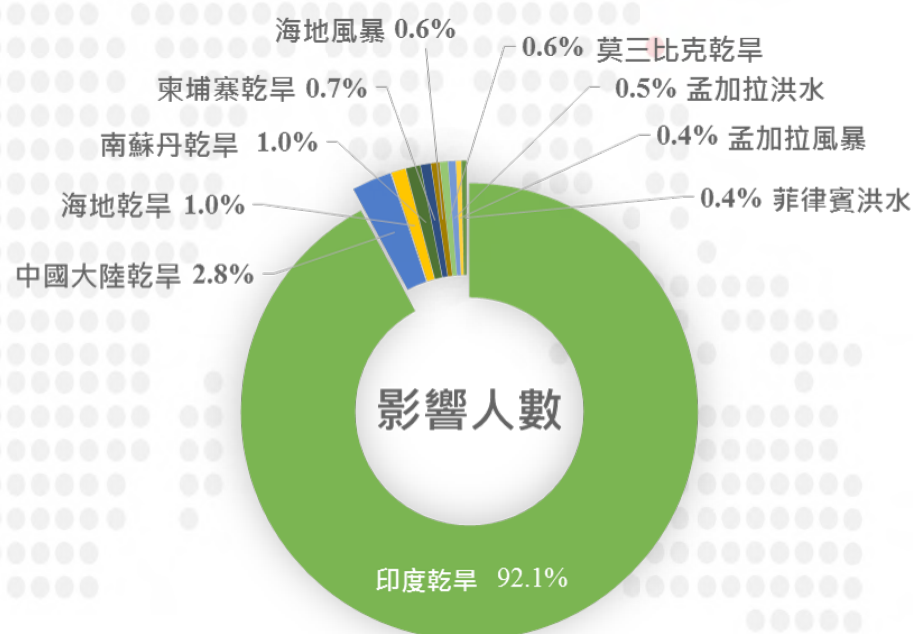
▲ 2016 年十大天然災害事件統計（依死亡人數）

▼ 依死亡人數統計，2016 年十大天然災害事件排序

排序	時間	國家	災害類型	死亡人數
1	4 月 16 日	厄瓜多	地震	676
2	9 月 28 日 -10 月 7 日	海地	風暴（馬修）	546
3	8 月 29 日 -9 月 6 日	北韓	洪災	538
4	4 月 1 日 -5 月 20 日	印度	熱浪	300
5	8 月 24 日	義大利	地震	296
6	7 月 18 日 -7 月 25 日	中國大陸	洪災	289
7	5 月 14 日 -5 月 15 日	斯里蘭卡	洪災	203
8	7 月 25 日 -7 月 27 日	尼泊爾	洪災	138
9	7 月 28 日 -7 月 30 日	印度	洪災	134
10	6 月 28 日 -7 月 6 日	中國大陸	洪災	128
合計				3,248

註 資料來源：國際緊急災害資料庫（EM-DAT）災害流行病研究中心（Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED），災防科技中心彙整。

註 這幾年歐洲都有嚴重的難民潮問題，2016 年至少有二起難民船難事件，死傷人數可以排入天然災害事件的前十大事件，包括：利比亞難民船難造成 500 人喪生，埃及船難計有 202 人死亡。



▲ 2016 年十大天然災害事件統計 (依影響人數)

影響人數統計

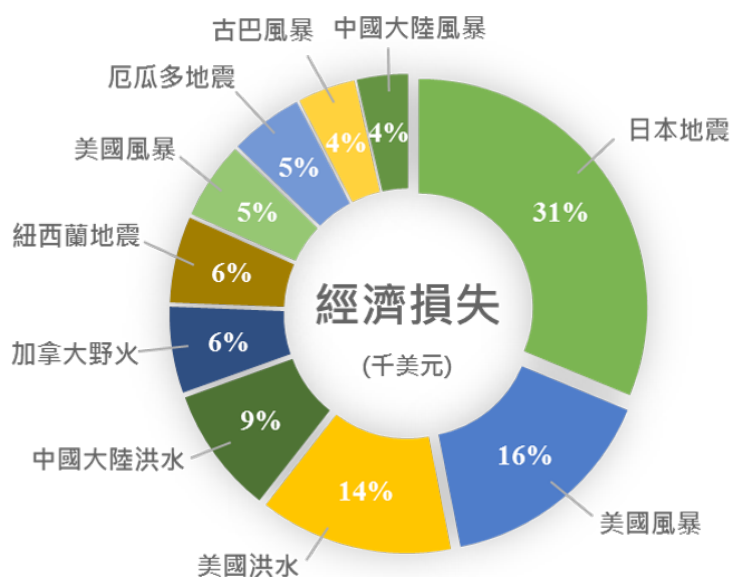
除了災害造成的直接傷亡外，其「影響人數」亦是觀察災害規模的另一個面向。2016 年災害影響人數最多的事件，為印度一月至五月的乾旱，約有 3.3 億人受到影響，占印度總人口的 25%；排序第二為中國大陸乾旱，約千萬人受影響，海地與南蘇丹的乾旱受影響人數約為 360 萬人；排序第五為柬埔寨乾旱亦有 250 萬人受影響，乾旱事件中排序第七為莫三比克乾旱，約有 120 萬人受影響。因颱洪受影響的事件有：海地受馬修颶風（排序第六）侵襲，約 210 萬人受影響、孟加拉風暴（排序第八）約 190 萬人受影響，有別於地震或颱洪災害造成的立即傷亡，乾旱影響是長期、廣泛且人數眾多。2016 年的十大災害「影響人數」統計，就有六起乾旱事件。

▼ 依受影響人數統計，2016 年十大天然災害事件排序

排序	時間	國家	災害類型	影響人數
1	1 月 1 日 -5 月 31 日	印度	乾旱	330,000,000
2	6 月 1 日 -8 月 31 日	中國大陸	乾旱	10,000,000
3	2 月 1 日 -3 月 31 日	海地	乾旱	3,600,000
4	2 月 1 日 -11 月 30 日	南蘇丹	乾旱	3,600,000
5	5 月 1 日 -5 月 31 日	柬埔寨	乾旱	2,500,000
6	9 月 28 日 -10 月 7 日	海地	風暴 (馬修)	2,100,438
7	1 月 1 日 -11 月 30 日	莫三比克	乾旱	2,000,000
8	7 月 19 日 -8 月 2 日	孟加拉	洪水	1,900,000
9	5 月 21 日	孟加拉	風暴 (羅納)	1,300,000
10	8 月 8 日 -8 月 16 日	菲律賓	洪水	1,263,098
合計				35,826,3536

經濟損失統計

災害的衝擊亦可以從「經濟損失」來比較。從災害造成經濟損失之統計，日本熊本地震造成 200 億美元的損失為最大，其次為馬修颶風在美國造成的經濟損失；而紐西蘭地震與厄瓜多地震的經濟損失分別占第五及第七。較特別的為排序第四的加拿大麥克默里堡（Fort McMurray）森林大火影響油砂產量運作，整體森林火災事件造成 39 億美元損失，在本年度災害紀實報告中，以「特別企劃」記載加拿大森林大火事件。在「經濟損失」前 10 大災害事件中，以美國的災害總損失最大，三場事件共損失 222 億美元。



▲ 2016 年十大天然災害事件統計 (依經濟損失)

▼ 依經濟損失統計，2016 年十大天然災害事件排序

排序	時間	國家	災害類型	經濟損失 (千美元)
1	4 月 16 日	日本	地震	20,000,000
2	10 月 7 日 -10 月 9 日	美國	風暴 (馬修)	10,000,000
3	8 月 9 日 -8 月 16 日	美國	洪水	8,733,000
4	6 月 28 日 -7 月 6 日	中國大陸 (梅雨)	洪水	5,729,590
5	5 月 1 日 -5 月 9 日	加拿大	野火	3,900,000
6	11 月 13 日	紐西蘭	地震	3,900,000
7	4 月 10 日 -4 月 13 日	美國	風暴	3,500,000
8	4 月 16 日	厄瓜多	地震	3,300,000
9	9 月 28 日 -10 月 7 日	古巴	風暴 (馬修)	2,600,000
10	9 月 15 日	中國大陸	風暴 (莫蘭蒂)	2,300,000
合計				63,962,590

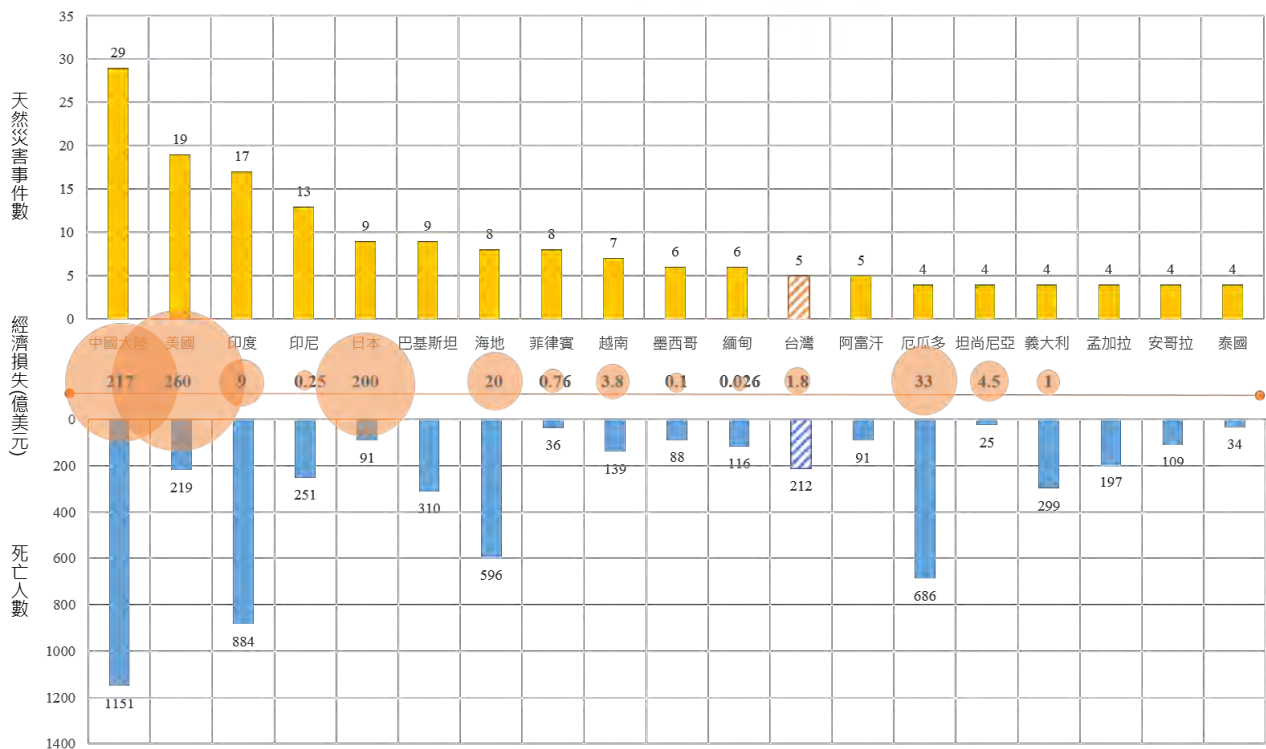
2016 年災情概述與分布

依據國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 統計 2016 年的國際災情，挑選發生四場災害事件以上之國家，共有 19 個國家。其中，中國大陸是 2016 年受災次數最多的國家，共有 29 起事件；其次為美國，有 19 場災害事件；第三為印度的 17 場；以及第四的印尼，有 13 場災害事件。

在這 19 個國家中，中國大陸因災害死亡的人數有 1,151 人 (26 場颱風災害、1 場乾旱、1 場極端氣溫 (寒害) 和 1 場地震)；印度因災害造成 848 人死亡 (13 場颱風災害、1 場乾旱、1 場極端氣溫 (熱浪)、1 場地震和 1 場野火)；厄瓜多因為 4 場災害造成 686 人死亡 (2 場地震和 2 場洪災)，這幾個災害死亡人數多的國家，皆為人口密度較高的地區。

如果從經濟損失部分分析：美國 19 場災害事件造成 260 億美元損失最高，災害損失來自於颶風、龍捲風與洪水災害；中國大陸也因為颶風和洪水災害，損失了 217 億美元；日本因為熊本地震造成了 200 億美元的損失。此三個國家除了快速發展的中國大陸，皆為已開發國家，因此災害造成的經濟損失相對來的大。

在 19 個國家中，台灣也名列其中，在 EM-DAT 統計的災害事件共有五場，包含了 1 場極端氣溫 (寒害)、1 場地震 (0206 地震) 以及 3 場颱風災害 (尼伯特颱風、莫蘭蒂颱風和梅姬颱風)，共造成 212 人死亡，其中 117 人因地震死亡，10 人因颱風災害喪生，以及寒害造成疾病喪生的 85 人。



▲ 2016 年國際災害事件統計，篩選災害發生次數超過 4 次的國家，共 19 個國家

(資料來源：EM-DAT、防災科技中心繪製)



▲ 本報告蒐整的 2016 年天然災害事件分布及災害型態

本中心依據災害類型，選定重要的颱風及地震災害事件，收錄於本年度災害紀實中，並分為「2016 年國際災情概述」、「臺灣災害篇」、「特別企劃篇」及「國際天然災害篇」，其中特別企劃「加拿大麥克默里堡森林大火」嚴重的情況，足以凸顯 2016 年是全球溫度記錄最高的一年。慶幸的是，在沒有巨災的衝擊下，災害事件的傷亡人數遠低於前幾年。但是經濟損失，由於日本熊本地震及美國受馬修颶風的衝擊等，未見得有明顯減少，因為經濟損失的高低，主要視受災國家的經濟發展程度而定。

在「臺灣災害篇」主要記錄了年度的重要災害，包括：0206 美濃地震、三場颱風災情、一月寒流事件及船隻擱淺事件。在「國際災情篇」收錄了中國、日本、美國及南美的颱風災情；巴基斯坦、斯里蘭卡的山洪爆發與山崩事件；義大利與日本的地震衝擊、以及南韓遭受芙蓉颱風侵襲的海岸災害等。希望藉由本專書的彙整，能帶大家一起探索災害的故事，並藉此向災害學習更精進的科技應用，探討更完善的災害防救管理課題。

本年度國內災害紀實以颱風、地震等為主要災害類別。2016 年主要的災害事件包括 0206 美濃地震造成臺南維冠大樓倒塌；之後，影響臺灣的颱風事件，包括尼伯特 (Nepartak)、莫蘭蒂 (Meranti)、馬勒卡 (Malakas) 及梅姬 (Megi) 等。另外，2016 年本報告還記錄了少見的下雪寒流事件，及海島臺灣應注意的貨輪擱淺事件。



第貳篇 臺灣災害

一月寒流事件



▲ 臺北市陽明山降雪情形

寒流概述

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 128 期 2016 年 3 月出刊

2016 年 1 月 23 至 26 日，臺灣地區因寒流影響，中央氣象局臺北測站自 23 日 15 時起，持續 62 小時氣溫皆低於攝氏 10 度，其中 24 日清晨平地觀測最低溫為新竹站 2.8 度，而臺北站最低氣溫僅有 4 度，距離上次臺北站出現如此的低溫紀錄已達 44 年之久（1972 年 3 月 2 日臺北站日最低溫 3.2 度）；同時，高雄也持續 32 小時處於 10 度以下的低溫。由於此次寒流影響前期（23 日至 24 日）水氣充足，北部中、低層大氣水氣近飽和，且約海拔 500 公尺處，大氣已降溫至攝氏 0 度，在此高度附近與更高海拔的地區紛紛降下雪或霰；而中南部中海拔地區亦有降雪或霰的現象。除此之外，各地因雲層覆蓋，白天氣溫不易回升，也使得低溫持續較久的時間。因此，在大範圍的持續性低溫，造成全臺農林漁牧業產物及民間設施估計損失總計 42 億 3086 萬元，其中漁產損失估計近

32.6 億元（占所有損失之 77.0%），農產損失近 9.7 億元（占 22.9%），以臺南市損失 18.9 億元最多。

氣象分析

寒流事件約自 1 月 23 日開始至 26 日止，歷時約 4 日。從臺北與高雄測站之氣溫觀測顯示，從 1 月 23 日 0 時起，氣溫逐漸下降。臺北地區的氣溫從 1 月 23 日 15 時至 26 日 5 時，皆在 10°C 以下，共持續 62 小時的低溫，其中在 24 日 5 時達到最低溫 4.2°C，同時在大屯山區與臺北鄰近海拔較低之山區皆有下雪與下霰的現象發生。而南部高雄地區，在 24 日 3 時至 25 日 11 時期間，氣溫持續 32 小時在 10°C 以下，在 25 日 2 時，觀測到 7.1°C 的低溫。

強烈的大陸冷高壓南下至臺灣鄰近地區是造成此次寒流的主因。從 1 月 23 日至 25 日每日 8 時之地面

天氣圖顯示，在 23 日大陸蒙古和西北部有一高壓（中心氣壓 1080 hPa）；24 小時後，高壓分裂向華北地區移動，中心降為 1064 hPa，此時段從大陸東北經黃海，至臺灣北部海面盛行北風。至 25 日 8 時，從華北向南移動至華南地區之分裂高壓減弱至 1046 hPa，同時在黃海與臺灣地區之氣壓梯度減弱，臺灣地區盛行東北風。

彭佳嶼位於基隆外海，是寒流南下時臺灣本島附近最先受到冷空氣影響的測站，且離島無地形屏障，該站的氣溫和風場變化可以明顯呈現寒流開始與結束影響的時間。由 1 月 23 日至 26 日彭佳嶼之氣溫、風向及風速觀測顯示，在 23 日至 25 日期間，臺灣北部海面盛行北風與北北西風，此期間風速大於 10 m/s，同時，氣溫逐漸下降，在 23 日 12 時，氣溫低於 10°C。在 25 日 6 時之後，彭佳嶼所觀測到之風向逐漸轉為東北風，風速逐漸減弱，氣溫也逐漸回暖。

本次事件發生期間，全臺多處低海拔山區甚至平地氣溫降至 0 度上下。從 1 月 23 日至 25 日之地面氣溫觀測分布顯示，在 24 日 8 時，臺灣北部地區平地之氣溫皆在 5°C 左右，而大屯山區之氣溫出現 0°C 的低溫。直到 25 日 8 時之後，北部地區才逐漸回暖。

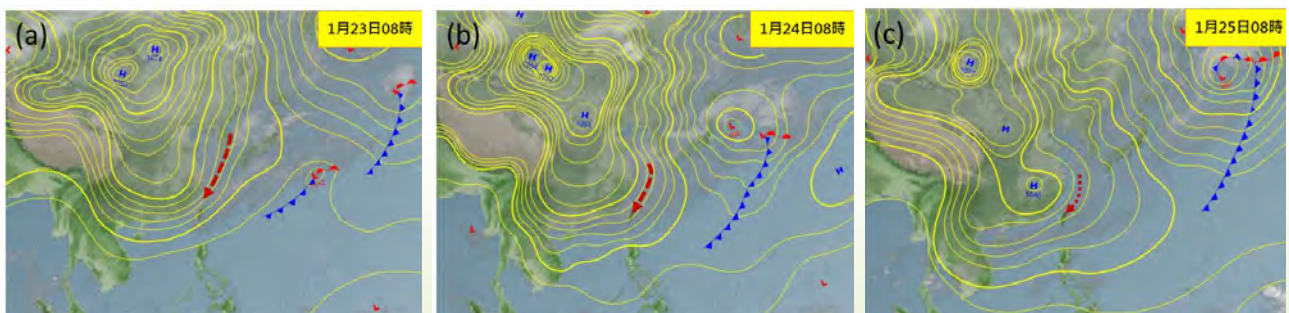
綜合以上分析，在 1 月 23 日至 25 日期間，臺灣地區受大陸高壓影響，臺灣鄰近地區盛行北風，且風速強，冷平流的直接效應使得氣溫逐漸下降。在 23 日至 24 日 6 時，整個臺灣地區之氣溫下降之趨勢一致。23 日至 24 日期間，北部低層大氣水氣充足近飽和，

大氣於海拔約 500 公尺處已降溫至攝氏 0 度，北部多處低海拔地區出現降雪或霰。同時，此段期間全臺多為雲層覆蓋，無太陽輻射加熱來促使氣溫回升，使得低溫持續較久。至 25 日 6 時以後，北風減弱轉為東北風，同時氣溫逐漸上升，而南部之升溫較北部明顯。

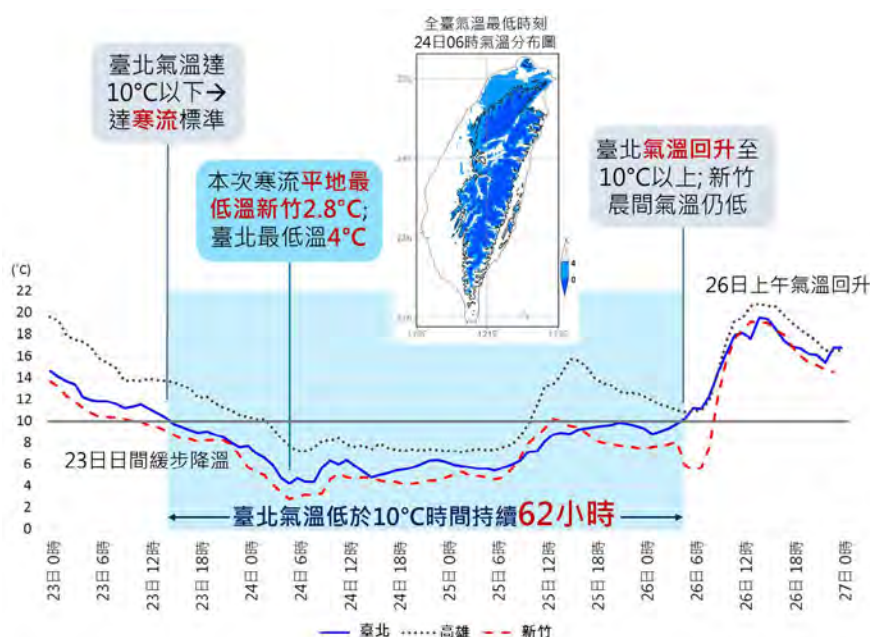
衝擊影響

農委會統計，截至 2 月 4 日 17 時止，本次寒流造成全臺農林漁牧業產物及民間設施估計損失總計 42 億 3086 萬元，為 1999 年以來寒害 / 低溫類事件類最高額損失。其中漁產損失估計近 32.6 億元（佔所有損失之 77.0%），主要為虱目魚、石斑、吳郭魚、文蛤及鱸魚受損；農產損失近 9.7 億元（佔 22.9%），以蓮霧、巨峰葡萄、高接梨穗與食用番茄等作物損失金額較多；其他類（畜產與設施損失）則相對較少。全臺各縣市皆有農林漁牧產業損失，其中以臺南市損失 18.9 億元最多、高雄市損失 9.6 億元第二、嘉義縣損失 5.7 億元第三。

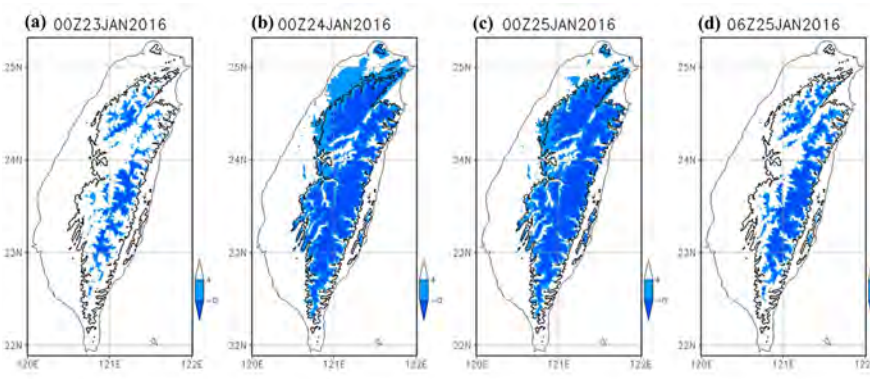
交通衝擊部分，公路總局為了避免路面濕滑或結冰引發災害，實施預警性封閉或道路管制，23 日至 26 日累計封閉路段共 10 處，部分道路需加掛雪鍊才能通行。由於預報顯示降雪機率高，各地中高海拔山區皆湧現大量賞雪車潮，造成交通壅塞。此外，臺中市大雪山林道發生一輛賞雪車輛墜落山谷，造成 2 人死亡的憾事。另外，桃園、新竹、宜蘭、花蓮、臺中等縣市考量低溫影響，各縣皆有部分國小停班停課。



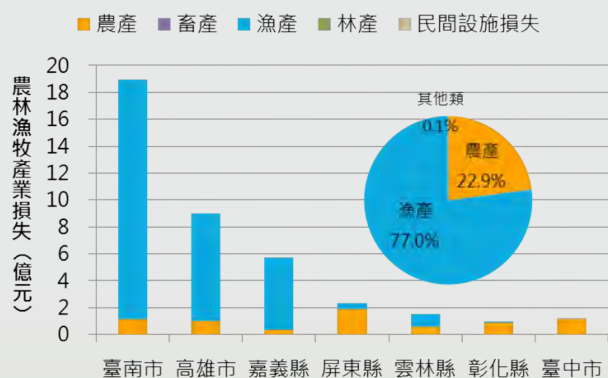
▲ 2016 年 1 月份之地面天氣圖，紅色虛線箭頭表示冷空氣移動路徑與強度（資料來源：中央氣象局）



◀ 2016 年 1 月 23-26 日臺北、新竹及高雄站之逐時氣溫變化及 24 日 06 時氣溫分布圖，圖中氣溫高低如色標尺所示，黑實線為 500 公尺等高線（資料來源：中央氣象局、災防科技中心）



◀ 2016 年 1 月份之地面氣溫分布，(a) 1 月 23 日 08 時，(b) 1 月 24 日 08 時，(c) 1 月 25 日 08 時，及 (d) 1 月 25 日 14 時，圖中氣溫高低如色標尺所示，黑實線為 500 公尺的等高線（資料來源：中央氣象局）



▲ 農委會統計之 1 月寒流農林漁牧產業總損失較大之縣市損失金額 (柱狀圖) 與農林漁牧產業各分項之全臺損失總金額比例 (圓餅圖) (資料來源：行政院農委會，統計截至 2 月 4 日 17 時)





0206 美濃地震

地震概述

2016 年 02 月 06 日凌晨 03 時 57 分 27 秒於高雄市美濃區發生芮氏規模（ML）6.6 之地震，震源深度為 14.6 公里。根據中央氣象局資料顯示，最大震度 7 級在臺南市新化地區；6 級發生在雲林草嶺測站；屏東、高雄、臺南、嘉義都觀測到 5 級震度。本次地震震源位置屬臺灣西部造山帶中褶皺逆衝帶的最南端，同時也是最年輕的部分。由於受到菲律賓海板塊與歐亞板

塊以每年約 7~8 公分的斜向聚合作用，導致此區域的褶皺逆衝構造相當活躍，其地質構造以一系列南北走向近平行的逆衝斷層與相關的褶皺為主，鄰近本區域的活動斷層由西向東分別為：後甲里斷層、新化斷層、左鎮斷層、小崗山斷層、旗山斷層與潮州斷層等，由於地表可疑斷層複雜，且地震並未造成明顯地表破裂，目前尚難斷定是否與地表構造直接相關。

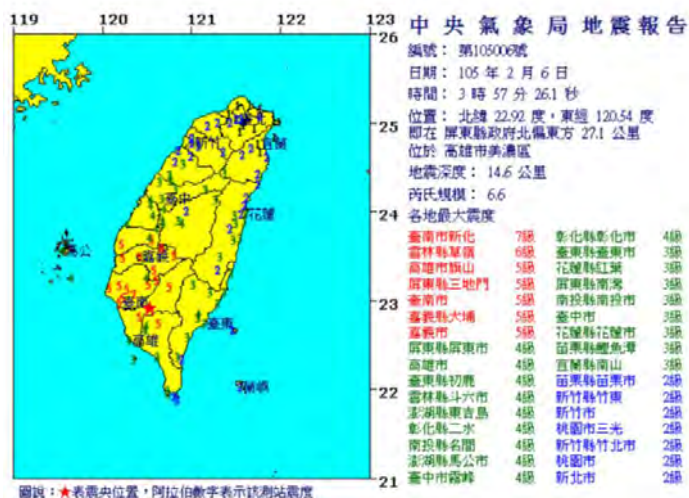


▲ 0206 美濃地震造成臺南市永康區維冠金龍大樓倒塌，共計 115 人死亡（照片來源：EPA/ 典匠資訊）

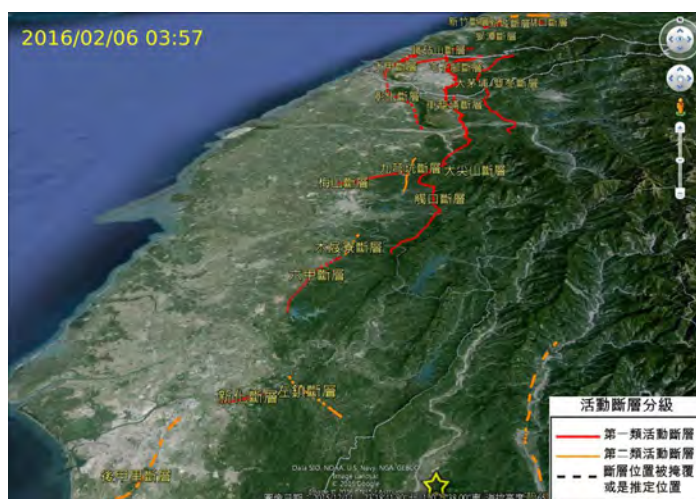
災情彙整

人命傷亡

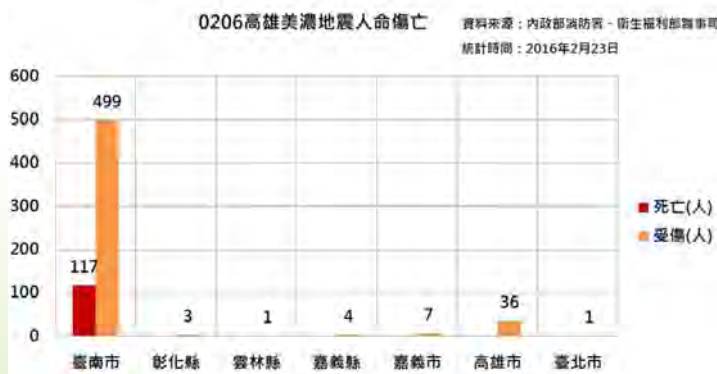
根據內政部消防署與衛生福利部的統計資訊，本次地震造成死亡 117 人、受傷 551 人，集中於臺南及高雄地區。其中，死亡的 117 人均位於臺南市，有 115 人因永康區國光五街 2 號維冠金龍大樓倒塌致死，其中男 62 人、女 53 人。



▲ 中央氣象局 0206 美濃地震報告（編號第 105006 號）



▲ 震央附近活動斷層分布圖（資料來源：地質調查所、災防科技中心繪製）



▲ 0206 高雄美濃地震各縣市人命傷亡統計圖（資料來源：內政部消防署、衛生福利部醫事司）



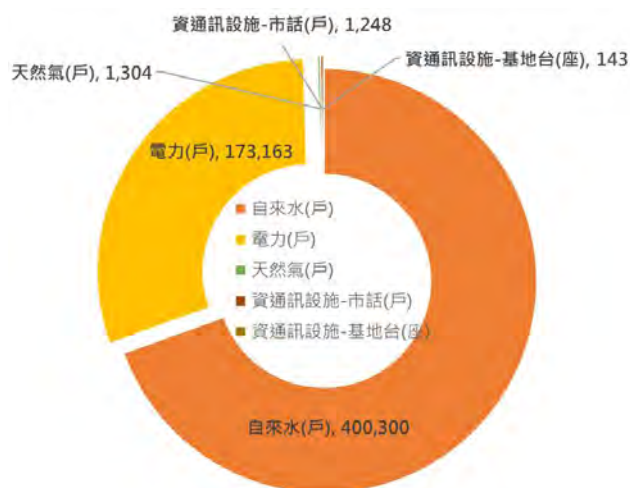
- ▲ 土壤液化造成河岸護堤結構物受損情形，地震後，有多處發生土壤液化現象，部分土壤液化地區造成建物、設施等受損，例如：安南區多處房屋因出現噴砂現象而造成沉陷或傾斜，曾文溪橋附近的河岸護堤因土壤液化產生側向移動而受損（資料來源：災防科技中心）

維生系統

地震造成自來水、電力、天然氣、通訊等維生系統服務中斷，彙整災害損失，累計停水 400,300 戶、累計停電 173,163 戶、累計停氣 1,304 戶、累計市話中斷 1,248 戶、累計基地台損壞 143 座，影響範圍包含臺南、高雄地區，其中，自來水系統因臺南市永康區永大路及國光五街的維冠金龍大樓倒塌，壓毀大樓附近管徑 2,000mm 管線，後續供水於二週內完全恢復。

自來水設施送水管線嚴重損壞，依經濟部統計，位於臺南市內的 300mm 以上管線約 26 處受損，災損區域多集中在臺南市永康區、新化區、新市區及歸仁區內，管線損壞的主因多為地震位移，扯裂自來水管線導致破管、斷管，初判災損金額為 2,081 萬元，影響臺南市 40 萬用戶及嘉義市 300 用戶停水。依衛生福利部資訊，地震導致嘉南療養院及胸腔病醫院仁德院區停水，影響院內 700 床病患及家屬。

臺灣自來水公司為解決民眾用水需求，以定點供水方式設置取水站，最多調派 90 台送水車、154 處定點取水站，並調用全省送水車，比照垃圾車路線巡迴供水，送水車補水作業累計至 2 月 16 日止，共出動約 2,323 車輛次。



▲ 維生系統災害損失統計

學校

本次地震受災學校共計 469 校；以縣市區分，臺南市 195 校為最多，高雄市 96 校次之，嘉義縣 37 校再次之。各縣市災損金額統計，臺南市災損 1 億 395 萬餘元較多，高雄市災損 1,720 萬餘元次之，臺中市災損 1,271 萬餘元再次之，災損金額初估約 2 億 7,013 萬餘元。其中，屏東縣田子國小、南臺科技大學、臺南市市立玉井國中較為嚴重。



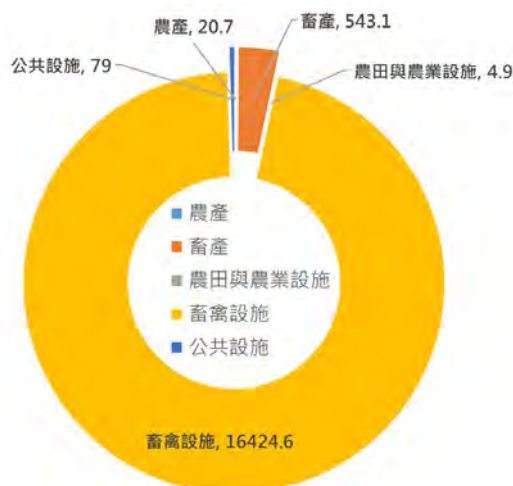
▲ 各級學校災損金額及受損數量統計圖，其中以國小的受損數量與累積金額為最高



▲ 自來水管線損壞分布情形 (資料來源：臺灣省自來水公司第六區處)

農業損失

依據行政院農業委員會統計資料，農業損失計 1 億 7 千萬元，其中農產損失 20.7 萬元、畜產損失 543 萬元、農田與農業設施損失 4.9 萬元、畜禽設施損失 1 億 6 千餘萬元、公共設施有臺南市新營漁市場及安平漁市場，計損失 79 萬元。



▲ 0206 高雄美濃地震造成農業損失金額的統計
(單位：萬元)

古蹟

依據文化部災情彙整資料，古蹟受損共有 33 處，主要分佈於臺南、高雄、嘉義與澎湖等區域，其中以臺南市 22 處最多，其次為高雄市。臺南市因位處強震區，且古蹟眾多及年代已久，故本次地震損害較為嚴重，臺南市受損古蹟建物類型以寺廟數量最多約占 50% 比例。



▲ 古蹟受損分布圖（資料來源：文化部）

電力系統

依台電記錄，地震前系統負載 18,175 MW，熱機備轉 2,026 MW，震後造成興達 2 號機組跳脫，影響供電 500MW 及臺中 8 號機組破管，影響供電 550MW，並造成多條輸、配電線路跳脫或斷線、避雷器及變壓器等設施受損，累計影響 173,163 用戶，其中 16 萬戶停電主因為輸電線路跳脫，巡查後隨即復電，其餘停電戶因輸電設備電線斷線、變壓器故障、避雷器斷裂、夾板故障、高壓斷線或電桿傾倒等因素所致，多數地區於當天晚上即復電。

交通設施

因本次地震造成之交通設施受損情形為台 86 線 16K(大潭～歸仁路段)24 號橋東行線支承錯移、台 3 線 396K+700(高雄內門東勢埔橋)，道路路面龜裂至橋頭 20 米，橋面下陷 10 餘公分、高鐵(臺南車站)，因地震晃動造成扣夾導版擠壓損壞，共造成 TK312+905 及 TK312+792 等 3 處(約 30 個，含輕微損傷)導版損傷等。

水利設施

根據經濟部資料，共有 2 處水利設施損壞，分別為：(1) 虎頭埤壩體有 4 條表層裂縫，無損壩體，暫無安全問題。(2) 曾文溪尖山堤防水道路龜裂約 600 公尺，另堤前坡面工長約 600 公尺有下陷及開裂現象，初判損壞原因可能係土壤液化所致。此外，曾文溪日新堤防 2 處共約 500 公尺因地震引起的錯動造成崩毀。

資通訊設施

依國家通訊傳播委員會 (NCC) 之災損彙整表，中華電信、台灣大哥大、遠傳電信、亞太電信，以及台灣之星共 5 家電信公司，初步估計設備損失總金額為 176 萬 3 千元，共 1,248 戶市話中斷及 143 處基地台損壞，影響範圍涵蓋臺南市、嘉義縣市、高雄市、雲林縣等部分地區。

德翔臺北 貨輪擱淺漏油事件

災害概述

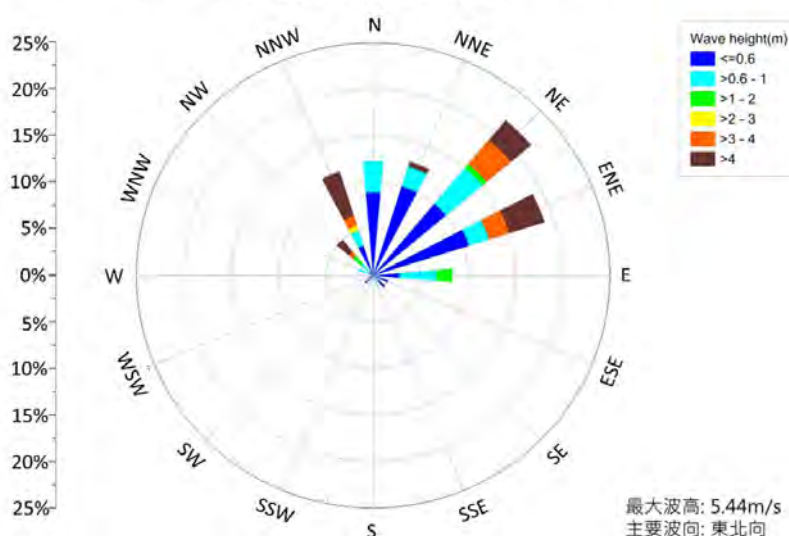
「德翔臺北」輪每週固定航行於臺灣到香港間，本次航線原定自基隆港到臺中港，規劃行駛於臺灣島外側，3月10日清晨7點多因失去動力，雖緊急下雙錨，但因水深超過60公尺，無法有效拉住船體，仍被東北季風吹至石門外海擱淺。環保署於2016年3月10日上午10點10分接獲行政院海岸巡防署勤務指揮中心傳真通報，「德翔臺北」於上午9點30分擱淺在石門台2線29.5公里處，距岸250公尺，當時海象情況險惡。海巡隊緊急派出3艘巡防艇前往救援，上午11點16分船上21人以吊掛方式平安撤離。隔

日下午1點10分直升機第4次出勤探查任務，人員在出艙吊掛下降之際直升機墜海，造成2死3傷之憾事；同日船體斷裂，造成油汙滲漏，最嚴重範圍自聖安宮到咖木屋約800公尺。自擱淺日起連續7日海象惡劣，乃至3月17日上午9點40分才開始進行抽油作業，並估計船上當時仍有約35.6噸柴油、357噸重燃料油、31.7噸潤滑油及35噸廢污油水。3月24日上午發現船體因連日受海浪衝擊，船身原有之裂縫加大並已斷裂，隨時有翻覆之虞，連續數日以福衛二號和無人飛機發現裂縫處及船右舷有油汙洩漏情形。



▲ 德翔臺北汙染可能影響範圍及環境敏感區示意圖，其中，聖安宮至咖木屋之間油汙污染最嚴重約800公尺範圍；白沙灣至草里漁港經民眾通報有油汙狀況；蒐集新聞媒體報導發現最遠到麟山鼻漁港和神秘海岸疑似受重油汙染。除了最靠近事故船自聖安宮到咖木屋之外，其他地點油汙汙染影響甚小。

富貴角資料浮標[浪高波向逐時觀測資料]
中央氣象局 2016/3/3~2016/3/10



▲ 富貴角 (2016/3/1~2016/3/10) 波浪觀測資料玫瑰圖
(資料來源: 災防科技中心繪製)

富貴角資料浮標[海面風逐時觀測資料]
中央氣象局 2016/3/3~2016/3/10



▲ 富貴角 (2016/3/1~2016/3/10) 海面風觀測資料玫瑰圖
(資料來源: 災防科技中心繪製)

海象分析

事故前近岸海域的海氣象分析，依據中央氣象局富貴角浮標站波浪資料，臺灣北海岸 2016 年 3 月 3 日至 10 日波高介於 0.27~5.44 公尺、周期介於 3.3~13.8 秒、主要波向為東北東向；分析富貴角浮標站風速資料，期間風速介於 2.8~9.2 公尺/秒，主要風向為東北東向、東向與東北向，顯然持續受東北季風影響。另外，由富貴角波浪測站於 2016 年 3 月 3 日至 10 日的波高資料可知，臺灣北海岸 3 月 9 日之前海象平穩，乃至 9 日以後，風浪急遽變大，依據蒲氏風浪表屬於大浪型態，海況險惡。

根據中央氣象局麟山鼻潮位逐時觀測資料分析，臺灣北部沿海潮流以半日潮為主，漲潮時向西流，退潮時向東流，潮汐周期約 12 小時 25 分，臺北貨輪失去動力期間 (3 月 10 日 06:00~10:00) 最大潮位約 1.089 公尺，最小潮位為 -1.204 公尺。

由海氣象分析結果推論，石門海域附近自 3 月 1 日至 10 日主要風向來自東北東向，使得近岸海域波浪方向以東北和東北東為主；失去動力時適逢漲潮階段，致使貨輪隨潮流向西移動；加上風浪助力，又受北海岸地形影響，使貨輪流錨擱淺在石門外海。

	當時海 / 氣象資料	狀態
波浪	最大波高：5.44 公尺 最大周期：13.8 秒 平均波高：1.41 公尺 平均周期：8.2 秒 主要波向：NE	最大波浪達湧浪等級 (10~30 秒) 相當於颱風來臨之大浪
風	最大風速：9.2 公尺 / 秒 主要風向：ENE	蒲氏風級：五級 (勁風) 平均風速：4.4 公尺 / 秒
潮位	3 月 10 日 06:00 潮位：-1.025 公尺 3 月 10 日 10:00 潮位：0.654 公尺	3 月 10 日 06:00~10:00 適逢漲潮階段，潮流方向向西

◀ 2016 年 3 月 1 日至 10 日船難前海氣象資料 (災防科技中心彙整)

油汙染應變處置作業

通報作業

環保署於 3 月 10 日上午 10 點 10 分接獲行政院海巡署勤務指揮中心傳真通報，隨即啟動應變機制，並依據「重大海洋油污染緊急應變計畫」聯繫相關中央、地方與民間機關，召開緊急應變會議。

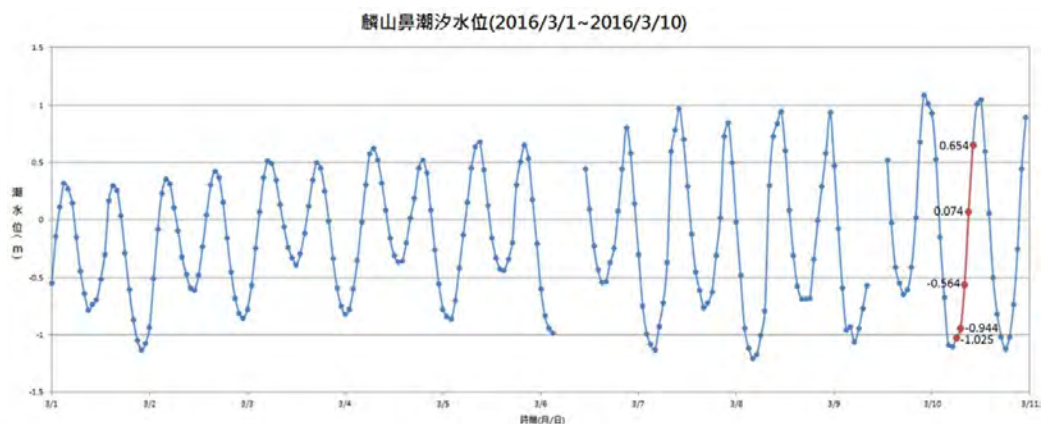
成立應變中心

隨後環保署於石門區公所邀集交通部航港局、交

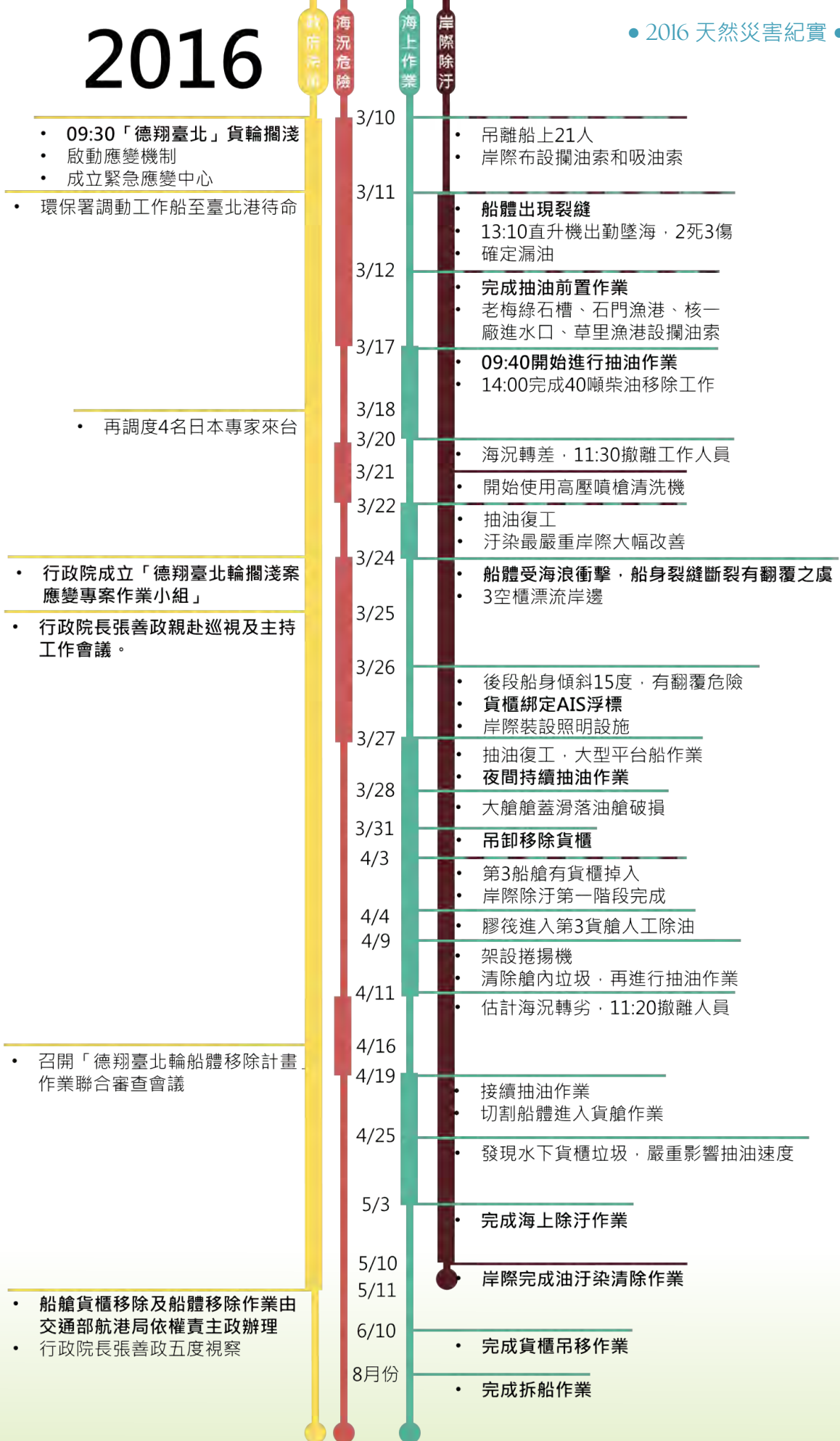
通部航港局北部航務中心、行政院海岸巡防署、海岸巡防總局、海洋巡防總局、行政院農委會、衛生福利部、核一廠、國防部、新北市政府環保局、臺灣港務公司基隆港務分公司、德翔海運公司等召開緊急應變會議。第一次應變會議中，環保署要求各單位依據行政院核定「重大海洋油污染緊急應變計畫」權責分工進行相關應變作為。



▲ 富貴角波浪測站 (2016 年 3 月 3 日至 10 日) 波高資料，紅色部分為失去動力漂流至擱淺時段之波高資料 (資料來源：中央氣象局、災防科技中心繪製)

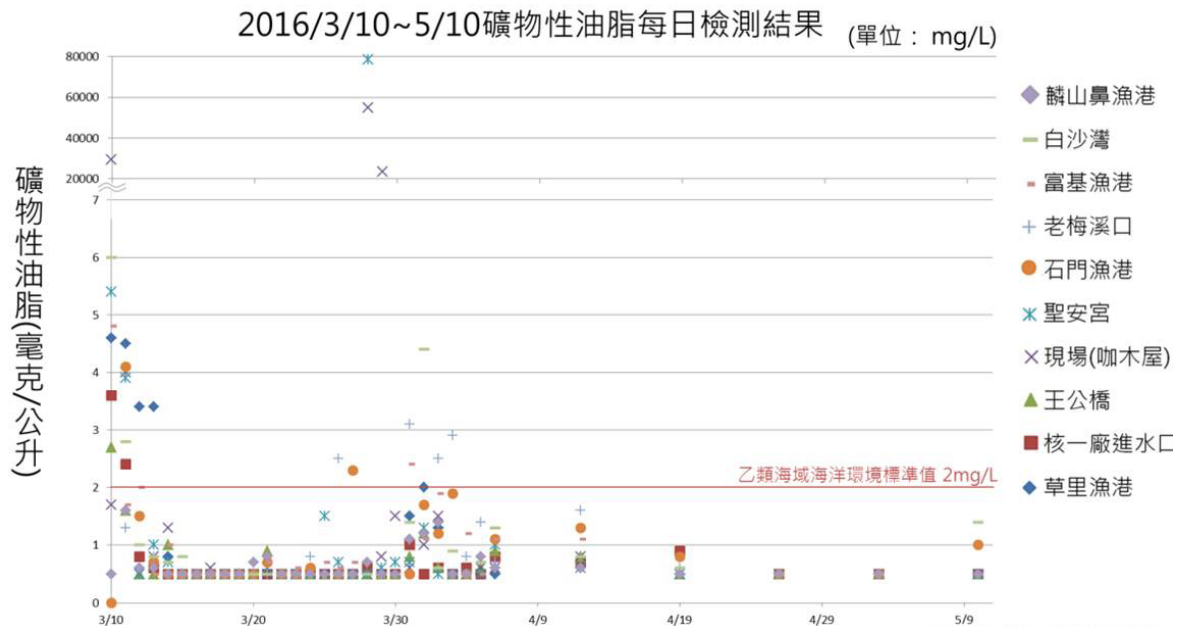


▲ 麟山鼻潮位站 3 月份潮位變化，紅色部分為失去動力漂流至擱淺時段之潮汐變化，擱淺當時為漲潮階段，因此潮流流向推測向西流 (資料來源：中央氣象局、災防科技中心繪製)



▲ 德翔臺北貨輪擱淺事件油汙染處理作業時間表

(資料來源：環保署網站、災防科技中心繪製)



▲ 擱淺後 3 月 10 日至 5 月 10 日鄰近海域礦物性油脂檢測結果
(資料來源：環保署網站、災防科技中心繪製)

環境監測

環保署在進行除汙作業過程皆有採集各海岸樣品分析，從記錄中可以看出岸際除油作業完成，油污染影響最嚴重區域(聖安宮至咖木屋)已恢復以往樣貌；水質檢測礦物性油脂、酸鹼度、溶氧等皆符合乙類海域海洋環境品質標準。行政院農業委員會水產試驗所於 105 年 3 月 29 和 30 日至北海岸淡水、金山、萬里、基隆等四區漁會進行採樣，共採集 18 艘樣本船，計 18 種魚體，檢體外觀均無油污，氣味亦無任何異味。

估計損失

由漁業署、新北市政府、金山區漁會、德翔海運股份有限公司等機關團體組成專案小組統計，岸際主要經濟漁業活動，包括：藻類、魚貝蟹類等採收，初估損失 2,160 萬元；海域經濟物種，例如：石斑、黑喉、青鱗魚等受影響損失約 6,000 萬元；至於未能出船作業損失和富基魚市業績下滑約 1,243 萬元，總計漁業和漁港損害超過 9,000 萬元。但上述皆為經濟漁獲，未考量生態及社會等損失金額。

根據漁業署新聞稿，油污擴散造成漁船、漁具受污染、漁民無法作業等損失，針對漁船或漁具遭污染等直接損失部分，因有確實物證，造冊向船東求償，截至 4 月 28 日止，已有 32 艘漁船辦理理賠；而針對漁民無法作業等間接損失部分，因無實體物證，漁會委託學者調查評估間接損失之相關資料，再辦理後續求償事宜。



▲ 德翔臺北貨輪擱淺應變會議
(資料來源：行政院環保署德翔臺北專區)

▼ 臺東香蕉園災後情況 (照片來源：農業試驗所姚銘輝博士提供)



尼伯特颱風

颱風概述

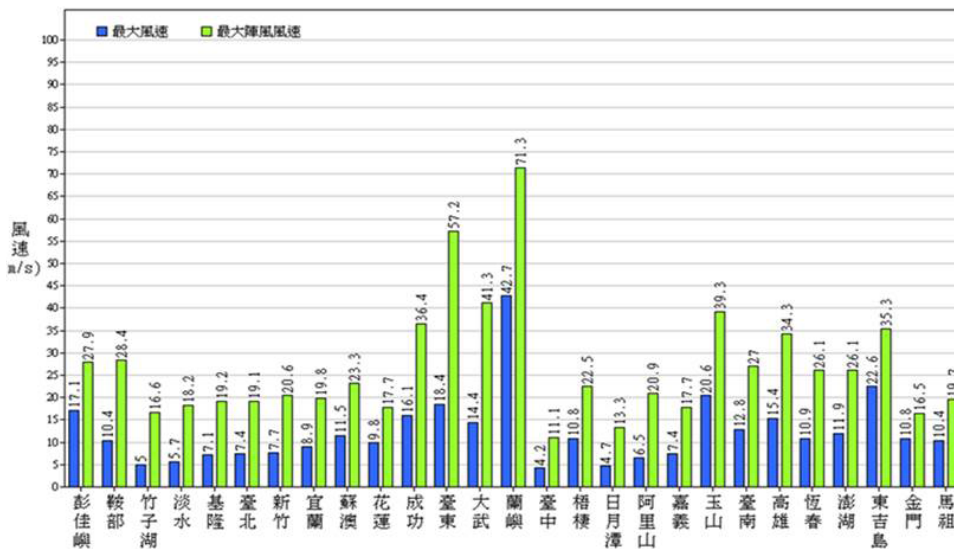
尼伯特（NEPARTAK）颱風為 2016 年西北太平洋生成的第一個颱風，同時也是 2016 年第一個侵臺的颱風。7 月 6 日 14 時 30 分氣象局對其發布海上颱風警報，此時颱風已達強烈颱風等級。當日 20 時 30 分發布陸上警報。移動速度維持在每小時 28-30 公里之間。颱風中心於 8 日清晨 5 時 50 分左右於臺東縣太麻里鄉登陸，8 日 14 時 30 分自臺南市將軍區出海。9 日 14 時 30 分氣象局解除颱風陸上與海上警報。

尼伯特颱風是一個結構對稱且紮實的強烈颱風，於登陸前維持七級風暴風半徑 200 公里、十級風暴風半徑 80 公里的規模，近中心附近的強風是此颱風致災的主要因素。尼伯特颱風並未伴隨明顯的西南氣流，因此和其他相似強度或路徑的歷史颱風相比，尼伯特颱風在降雨強度或累積降雨量方面並未構成特別大的威脅。



◀ 尼伯特颱風路徑圖、警報發布及通過臺灣之時間點說明（路徑圖來源：中央氣象局）

2016 07/06 14:00 到 07/09 14:00 NEPARTAK 颱風侵臺期間各測站最大風速及最大陣風分布圖



◀ 尼伯特颱風侵臺期間各測站最大風速與最大陣風分布圖

風力分析

根據中央氣象局實測資料顯示，颱風侵臺期間臺東測站曾出現過的最大陣風風速高達每秒 57.2 公尺（17 級風），蘭嶼更出現瞬間陣風每秒 71.3 公尺的觀測紀錄（約 19 級風）。

降雨分析

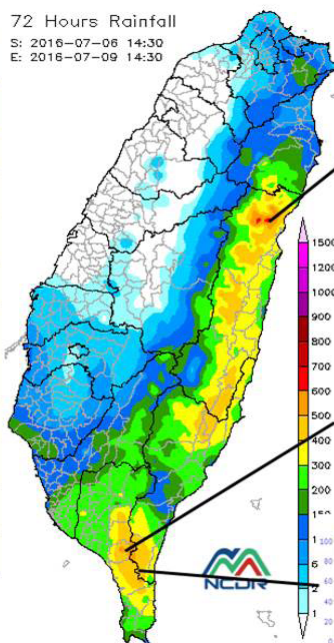
總計三天警報期間，尼伯特颱風累積降雨集中於東部的花蓮縣、臺東縣與南部的屏東縣，累積雨量排序前 10 名的測站也都集中於此三縣市，降雨最多者為花蓮縣秀林鄉布洛灣測站的 618.5 毫米，屏東縣降

整場事件累積雨量TOP10

位置	測站名	雨量 (mm)
花蓮縣秀林鄉	布洛灣	618.5
花蓮縣秀林鄉	天祥	607.5
屏東縣春日鄉	大漢山(水利署)	526.0
花蓮縣秀林鄉	太魯閣	520.0
屏東縣獅子鄉	壽卡	512.0
屏東縣牡丹鄉	牡丹	512.0
花蓮縣富里鄉	六十石山	510.0
屏東縣春日鄉	大漢山(氣象局)	492.5
屏東縣泰武鄉	泰武(1)	490.0
台東縣達仁鄉	紹家	484.0

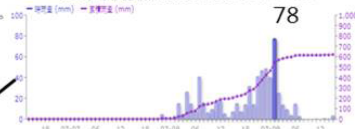
資料為即時雨量資料(MDF)

72 Hours Rainfall

S: 2016-07-06 14:30
E: 2016-07-09 14:30

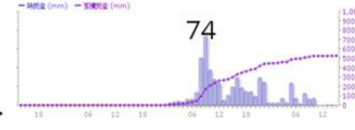
花蓮縣 秀林鄉 布洛灣

C17830, 布洛灣, 花蓮縣, 秀林鄉 2016-07-06 14:00 - 2016-07-09 15:00



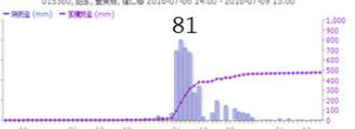
屏東縣 春日鄉 大漢山(水利署)

010200, 大漢山, 屏東縣, 春日鄉 2016-07-06 14:00 - 2016-07-09 15:00



台東縣 達仁鄉 紹家

015360, 紹家, 達仁鄉, 台東縣 2016-07-06 14:00 - 2016-07-09 15:00



◀ 尼伯特颱風警報期間降雨特性，包括：總累積雨量前 10 名排序、累積雨量空間分布圖與重點測站逐時降雨變化

雨最多者為春日鄉大漢山測站達 526.5 毫米，臺東縣達仁鄉的紹家則為臺東縣降雨最多之處，雨量達 484 毫米。分析以上三測站的降雨歷線，除了累積雨量多，三處測站都曾出現超過 70 毫米的時雨量。

災害紀錄與分析

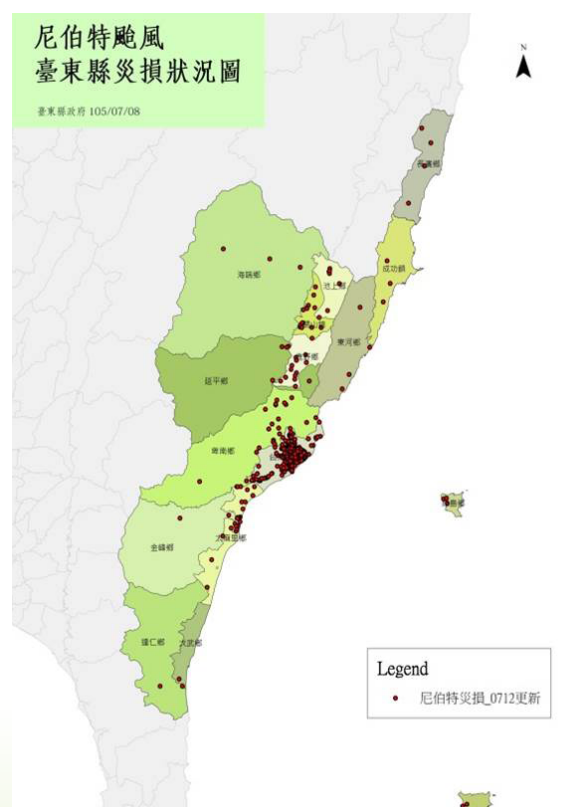
風力災害

尼伯特颱風夾帶的強烈風勢席捲臺東地區，臺東市街道滿目瘡痍，大量房屋、屋頂遭損壞，許多招牌、巨型廣告牌遭吹毀散落於路面，路樹倒塌，農作物受災，不少汽車遭吹翻，甚至連火車車廂也遭吹倒，維生管線（電、水、電信）損毀，且造成臺東縣 1 人死亡、300 餘人受傷（大部分為掉落物砸傷及玻璃割傷）。

本次尼伯特颱風強勁的風力造成中心登陸位置（太麻里）附近嚴重的破壞。根據國立臺東大學防災科技資訊中心彙整臺東縣政府的統計資料，房屋受損共 12,480 戶，其中不堪居住有 2,215 戶，主要位於臺東市內（超過 1,200 戶），其餘主要為香蘭部落。維生管線方面，停電受影響戶數有 71,647 戶、停水戶數 22,119 戶、電信通訊故障數 24,638 戶及基地台 594 站。

尼伯特颱風
臺東縣災損狀況圖

臺東縣政府 105/07/08



▲ 尼伯特颱風臺東縣市災損狀況，災損主要集中於颱風中心登陸點太麻里以及其北邊迎風面，臺東市與卑南鄉、東河鄉、關山鎮一帶（資料來源：台東大學防災科技資訊中心）



▲ 釋迦果園傾倒



▲ 香蕉果園傾倒



▲ 鐵皮房屋損毀



▲ 房屋損毀

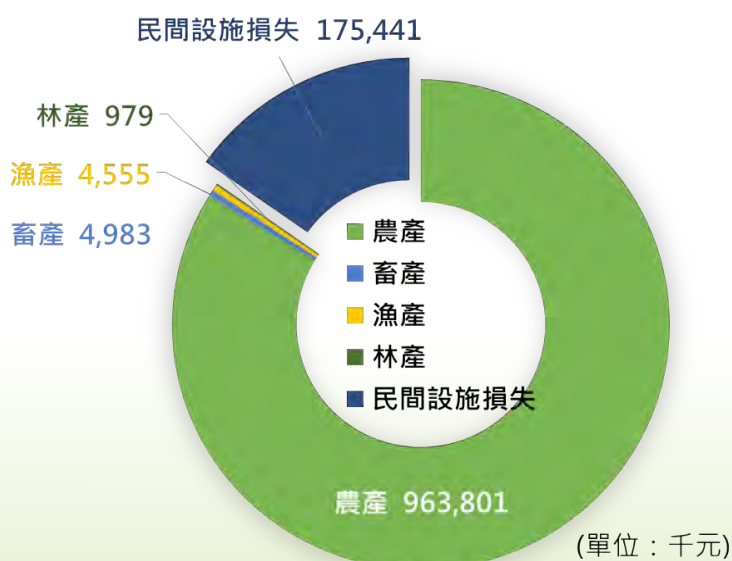
農業損失

農委會統計資料顯示（至 7 月 12 日 18 時為止），於全臺農林漁牧業產物及民間設施估計損失合計共 11 億 5 千萬元，受損最嚴重之 3 個縣市依序為：臺東縣、屏東縣、高雄市，其中臺東縣損失 8 億 4 千萬元（占 73%），屏東縣損失 1 億 5 千萬元（占 13%），高雄市損失 1 億 1 千餘 萬元（占 10%），臺東縣與屏東縣占全部農損總額的 86%。

在農林漁牧業部分，以農產部分最為嚴重占 98.9%，臺東縣 4 種農業類型皆有受損統計，受害的縣市集中在東部與南部。在林漁牧業損失的部份：

1. 畜產損失：臺東縣、花蓮縣為主要受災縣市，估計損失金額 498 萬元，主要係雞及豬受損所致。
2. 漁產損失：嘉義縣為主要受災縣市，估計損失金額 456 萬元，主要係午仔魚及石斑魚（苗）受損。
3. 林產損失：估計損失金額 98 萬元，係林木受損所致。

在民間設施損失部分，臺東縣為受害最嚴重的縣市，損失 1 億 4 千萬元（占 79%），並且設施災損占臺東縣部分合計的 12%。此外，高雄市、屏東縣也是主要發生設施災損的縣市。在所有縣市方面，估計所有縣市損失金額達 1 億 7,544 萬元。



▲ 尼伯特颱風農林漁牧業損失統計圖
(資料來源：農委會網站)

坡地災害（含道路中斷）

截至 7 月 15 日止，全臺坡地災害共有 28 處，主要集中在花蓮縣秀林鄉（16 筆）、富里鄉（4 筆）以及宜蘭縣南澳鄉（2 筆），且多為道路邊坡土石坍方、阻斷交通災情，包括：台 7 線、台 8 線、台 9 線、台 20 線及台 23 線，其中以省道台 8 線最多。此外，台 23 線永豐大橋受大水沖刷導致斷裂，使得位於花蓮縣富里鄉吉拉米代部落對外聯絡道路中斷。

淹水災害

尼伯特颱風造成局部地區積淹水，根據統計積淹水位置共有 209 處，分布在 7 縣市 46 鄉鎮，其中高雄市積淹水鄉鎮最多，計有 19 個鄉鎮 93 處積淹水，其次為臺南市，共有 83 處積淹水。

停水、停電

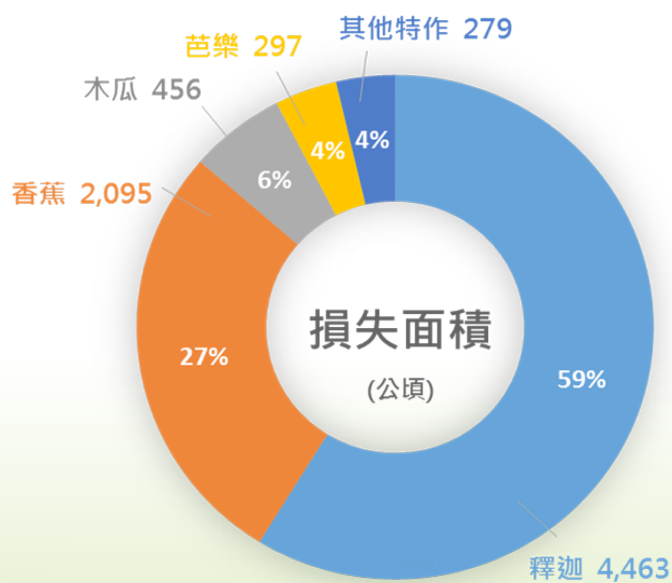
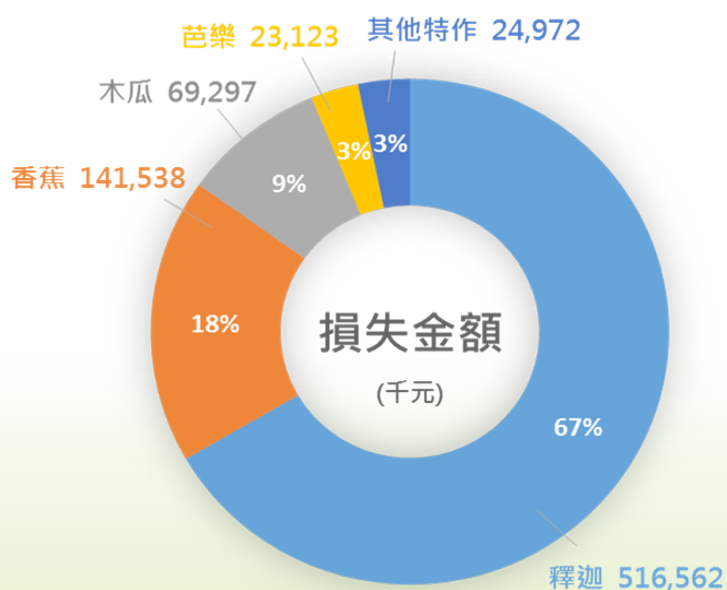
根據災害應變處置報告結報統計，尼伯特颱風期間共造成花蓮、臺東 24,829 戶（處）停水；電力方面，全臺電力受影響戶數共 545,696 戶，其中受影響戶數最多為臺東縣，停電受影響戶數計有 71,647 戶。



▲ 台 8 線 156K 道路中斷（公路總局）



▲ 漂流木淤積於港口



▲ 尼伯特颱風前五大受損農作物的損失金額與面積（資料來源：農委會網站）

▼ 臺東縣愛國蒲部落災害空拍圖 (照片來源：水土保持局)



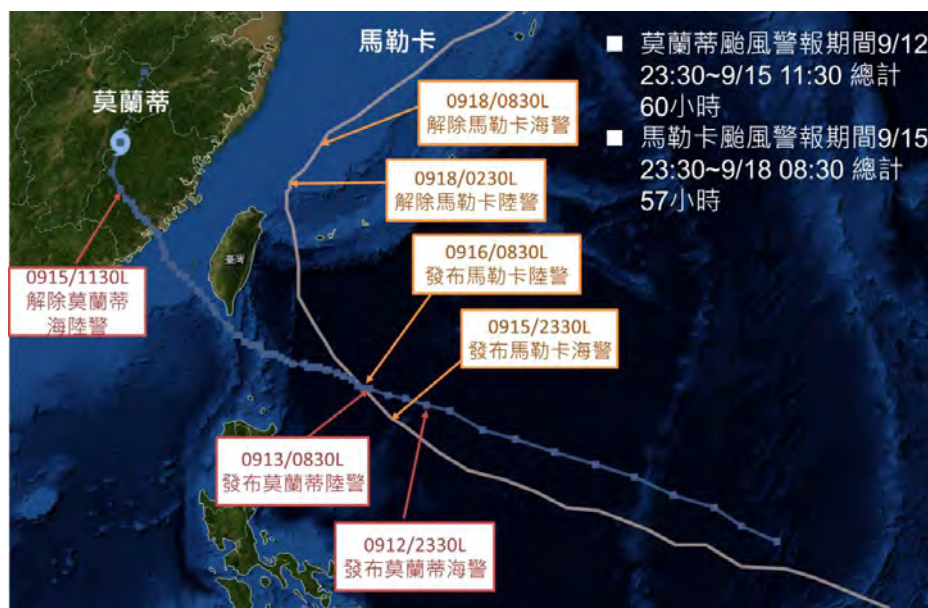
莫蘭蒂颱風

颱風概述

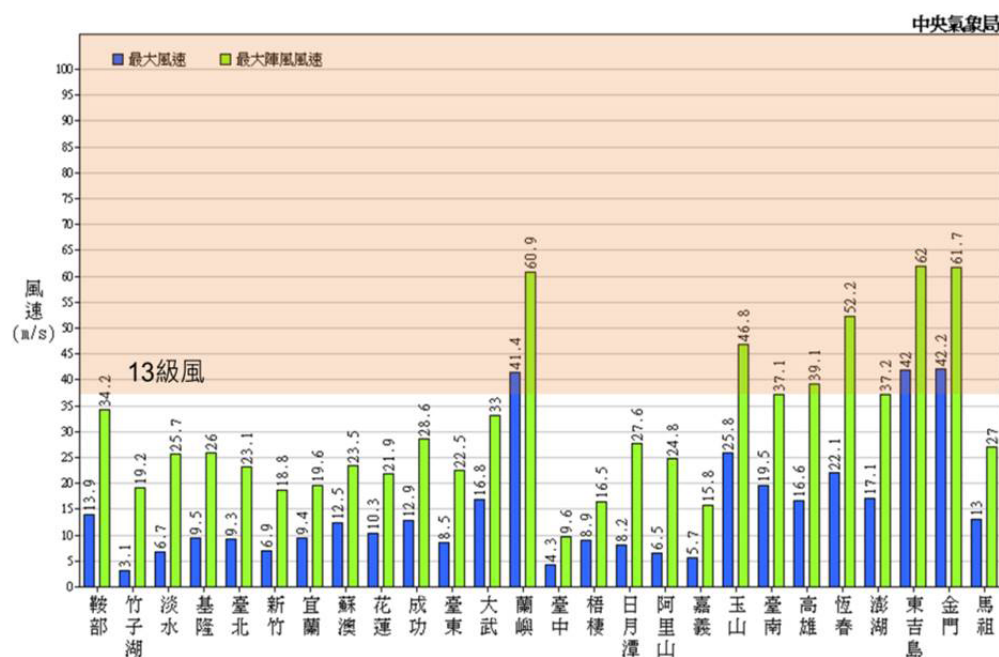
莫蘭蒂颱風 (MERANTI) 與馬勒卡 (MALAKAS) 颱風為 2016 年侵臺的第二個與第三個颱風。氣象局於 12 日 23 時 30 分與 13 日 08 時 30 分，分別發布莫蘭蒂颱風海上與陸上颱風警報，強烈颱風莫蘭蒂中心於 14 日凌晨左右通過恆春南方近海。緊接莫蘭蒂颱風通過臺灣近海之後，馬勒卡颱風也逐漸接近臺灣。氣象局於 15 日 23 時 30 分與 16 日 08 時 30 分，分別發布馬勒卡颱風海上與陸上颱風警報，馬

勒卡颱風於 17 日最接近臺灣，當日颱風沿著臺灣東方海面北上。

莫蘭蒂颱風是 2016 年西北太平洋侵臺颱風中最強的，其中心氣壓最低時為 900 毫巴，於接近臺灣期間中心最大風速達 60 公尺 / 秒，在中南部與離島（尤其是高雄市與金門地區）造成比較大的風力災害，也在東部造成比較大的降雨。相比之下，馬勒卡颱風的風力和雨量造成的威脅較弱。



◀ 莫蘭蒂與馬勒卡颱風路徑圖、警報發布及通過臺灣之時間點說明（路徑圖來源：中央氣象局、災防科技中心繪製）



◀ 莫蘭蒂颱風侵臺期間各測站最大風速及最大陣風分布，其中蘭嶼、玉山、高雄、恆春、東吉島及金門等地最大陣風超過 13 級風（資料來源：中央氣象局）

風力分析

根據中央氣象局觀測，莫蘭蒂颱風期間測到較大風速之處為蘭嶼、金門、東吉島、恆春、玉山、高雄與臺南等地，最大陣風都大於 13 級風（37 m/s），在蘭嶼、金門與東吉島等地區更測到 17 級強陣風（56.1 m/s）。

馬勒卡颱風從臺灣東方外海掠過，風力的影響較低。根據中央氣象局觀測，警報期間測到較大風速之

處為離島蘭嶼，最大平均風達 22.4 m/s（相當於 9 級風），最大陣風達 32.6 m/s（相當於 11 級風）。臺灣本島測到較大風速之處位於山區，例如：玉山（最大平均風達 16m/s，相當於 7 級風，最大陣風達 22.3 m/s，相當於 9 級風）。相較之下，馬勒卡颱風期間各個測站所觀測到的風力強度並不如莫蘭蒂颱風大，所有測站之最大陣風均未達 13 級風標準。

降雨分析

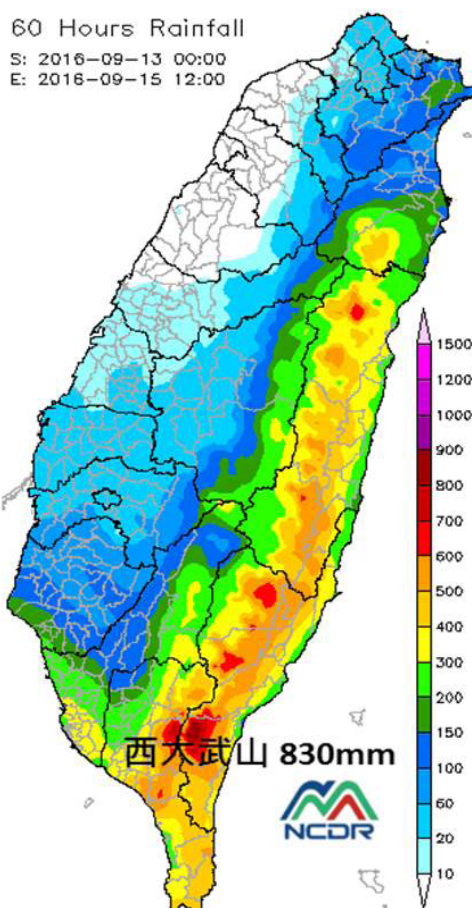
莫蘭蒂颱風警報發布期間，臺灣本島 13 日至 14 日的降雨較明顯，尤其颱風自臺灣南方近海通過，迎風面的東部與東南部累積雨量居全島之冠。颱風警報期間累積雨量最多的區域分布在屏東縣、花蓮縣與臺東縣，全臺測站累積雨量之冠為屏東縣泰武鄉的西大武山測站，達 830 毫米，第二名為花蓮縣秀林鄉的天祥測站，也達 713.5 毫米，臺東縣降雨最多處在海端鄉的新武測站，達 622 毫米。

馬勒卡颱風警報期間，主要降雨發生於颱風最接近臺灣的 17 日與 18 日的上午，降雨集中於臺北市、新北市山區與嘉義縣、雲林交界山區。全臺累積降雨排名前十名的測站也位於以上幾個縣市，降雨最多的測站為臺北市的油坑測站，達 425.5 毫米，而嘉義縣與新北市降雨最多處均超過 200 毫米，分別為竹崎鄉石磐龍測站（275 毫米）與新店區四十份測站（263.5 毫米）。

整場事件累積雨量TOP10

位置	測站名	雨量(mm)
屏東縣泰武鄉	西大武山	830.0
花蓮縣秀林鄉	天祥	713.5
屏東縣春日鄉	士文	640.0
花蓮縣富里鄉	豐南	628.0
屏東縣春日鄉	大漢山	626.0
臺東縣海端鄉	新武(3)	622.0
臺東縣太麻里鄉	金針山	611.0
花蓮縣玉里鎮	高寮	601.0
台東縣達仁鄉	土阪	597.5
屏東縣春日鄉	力里	595.5

資料為即時雨量資料(MDF)



▲ 莫蘭蒂颱風警報期間累積雨量前 10 名排序與累積雨量空間分布圖

災害紀錄

莫蘭蒂颱風路徑，經過臺灣南部巴士海峽往西北方向前進，受中央山脈破壞少，因此強風直接襲擊南臺灣與澎湖、金門等離島地區，強大的風力造成許多路樹、招牌鐵皮、農業損失（含設施）、水電維生管線的損壞，甚至發生多起船隻纜繩吹斷，船隻漂離碼頭造成港區設施損壞以及漏油汙染等事件。

路樹倒伏災情較嚴重的縣市包括：高雄市、臺南市與金門縣等地區，其中根據金門縣林務所公布的資料，金門縣內林區風倒木、行道樹與綠籬合計約 500 萬株最為嚴重。根據高雄市政府於 9 月 18 日莫蘭蒂風災復原重建工作報告指出，高雄市道路及公園內有超過 12,600 株樹木倒塌損壞，此外有 458 條主要道路需復原。根據臺南市政府工務局統計，臺南市於莫蘭

蒂颱風期間計有 6,237 顆樹木倒塌、斷裂。

莫蘭蒂颱風造成高雄港嚴重災情，9 月 14 日上午遭 16 級強風襲擊，造成貨輪脫纜，其中最嚴重的部分是風明輪（YM Wind）在港區內斷纜，撞上高雄港區第六貨櫃中心 110 碼頭，造成四座橋式起重機的毀損，高雄港估計需要一年以上的時間才能修復。設備損失達十億元台幣以上。

此外，9 月 14 日下午，強風將停泊於高雄港（前鎮漁港）的 4 艘千噸遠洋漁船纜繩吹斷，原規劃由拖船拖行停靠到香蕉碼頭，但因風浪過大，派出兩艘拖船仍無法拉住，順天 606、富冠 606、富冠 707 及永興發 168 等 4 艘漁船隨強風飄出第一港口，擱淺在第一港口北防坡堤內，近中山大學操場之海堤旁。



▲ 高雄港區內遭莫蘭蒂颱風影響之船隻、碼頭受災空間分布圖

農業損失

莫蘭蒂颱風的強風豪雨，造成農業災情，經農委會彙整（至 9 月 19 日 18 時止），農林漁牧業產物及民間設施估計損失計 21 億 9,876 萬元。

其中，高雄市漁船船體及相關設施受損便高達 12 億餘元，農業損失達 17 億 1,949 萬元（占 78%），其次分別為屏東縣損失 1 億 8,369 萬元（占 8%），金門縣損失 1 億 723 萬元（占 5%），澎湖縣損失 4,934 萬元（占 2%）較嚴重。

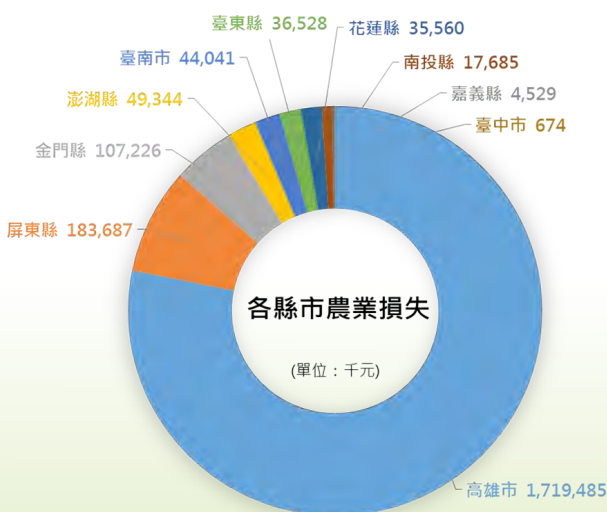
估計農產損失 7 億 1,253 萬元（含養蜂損失 174 萬元），農作物受害面積 10,950 公頃，損害程度 28%，換算無收穫面積 3,041 公頃；受損作物主要為芭樂（番石榴），受害面積 1,657 公頃，損失 2 億 5,455 萬元，其次分別為香蕉、棗、蓮霧及高粱（蜀黍）等損失金額較多。

坡地災害（含道路中斷）

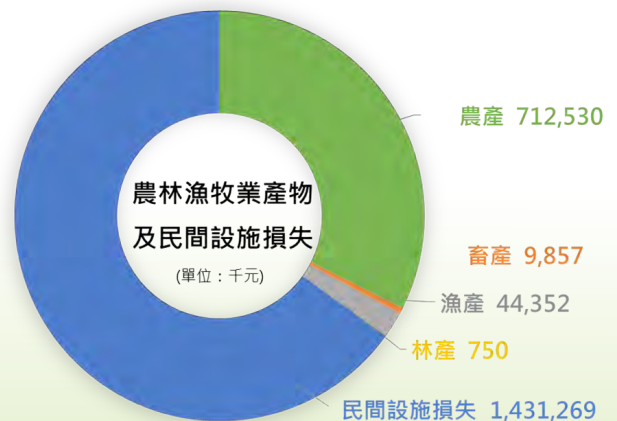
截至 9 月 19 日止，彙整到坡地災害共 29 處，道路災害為台 8 線（中橫）、台 9 線、台 20 線（南橫）居多，坡地災害部分以臺東縣大武鄉大竹村愛國蒲部落及臺東縣延平鄉紅葉村受災最為嚴重。

（一）臺東縣大武鄉愛國蒲部落發生土石流

臺東縣大武鄉大竹村愛國蒲部落的崩塌早在民國 98 年莫拉克颱風時，愛國蒲教堂後方的坡地發生崩塌，崩落之土石掩埋部份墓園及通往山區道路，掩埋長度約 20 公尺，隨後民國 99 年萊羅克颱風使得崩塌範圍擴大，裸露坡面遭受雨水冲刷產生蝕溝，將土石帶往愛國蒲部落，造成部落內民宅與道路遭受崩塌土石淤積，深度達 70 公分。101 年水土保持局將此處納入土石流潛勢溪流，編號東縣 DF164，103 年受哈吉貝颱風所挾帶豪雨影響，土砂下移，清疏沉砂池淤滿土砂量約 1,125 立方公尺。今（105）年莫蘭蒂颱風再次造成土砂下移，造成 7-8 戶受土砂影響。根據愛國蒲雨量站所記錄，當時累積雨量大於 246.5 毫米（備註：雨量站約有 12 小時無記錄，疑有錯誤，此值僅供參考）。當地居民於莫蘭蒂颱風陸上警報發布前便已自行撤離，陸上警報解除後返家發現災害再次撤離，預防馬勒卡颱風可能造成的災害。水保局之莫蘭蒂颱風重大土砂災例摘要報告顯示，本次主要崩塌區位於靠近稜線的位置，初估崩塌面積約 1 公頃，下移總土砂量約達 15,000 立方公尺，崩塌時間約 9 月 15 日 12



▲ 莫蘭蒂颱風各縣市農業損失，其中農產損失包含農作物及養蜂損失（資料來源：農委會網站）



▲ 莫蘭蒂颱風農林漁牧業產物及民間設施損失比例（資料來源：農委會網站）

點 30 分左右。由中央地質調查所五萬分之一地質圖顯示，愛國蒲部落為沖積層，其中崩塌區上方地質組成為硬頁岩，中部為板岩偶夾透鏡狀砂岩體，下游堆積區為礫、砂、黏土。使用內政部開放之 20 公尺網

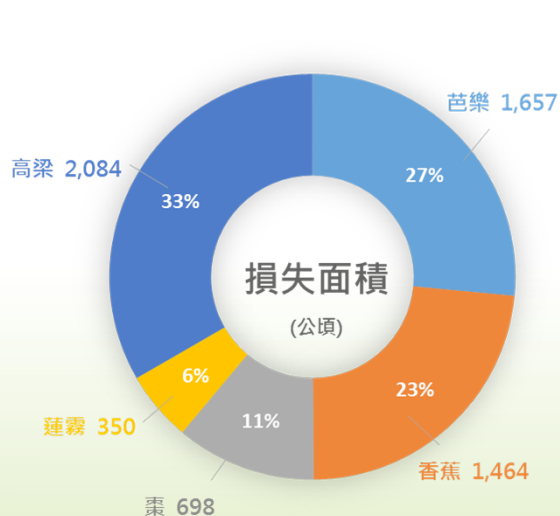
格數值地形模型資料，計算該區域之坡度與坡向，本次崩塌區內之坡度多介於 30-52 度之間，坡向則主要為西北向之坡面。

- 愛國蒲部落上方崩落地歷史災害
- 2009莫拉克颱風：愛國蒲教會後方墓園土砂崩塌
- 2010萊羅克颱風：台9線423.5K 愛國蒲產業道路土石淤積
- 2014哈吉貝颱風(6月14日23時)：土石持續崩落
- 2016莫蘭蒂颱風：崩塌上源擴展，土石淤積

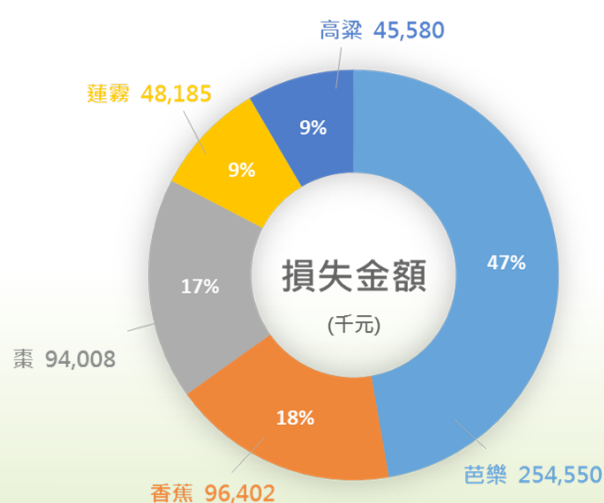
土石流潛勢溪流
(東縣 DF164)



▲ 臺東愛國蒲部落崩落地歷史災害變化 (資料來源：Google earth)



▲ 莫蘭蒂颱風前五大受損農作物損失面積
(資料來源：農委會網站)



▲ 莫蘭蒂颱風前五大受損農作物損失金額
(資料來源：農委會網站)



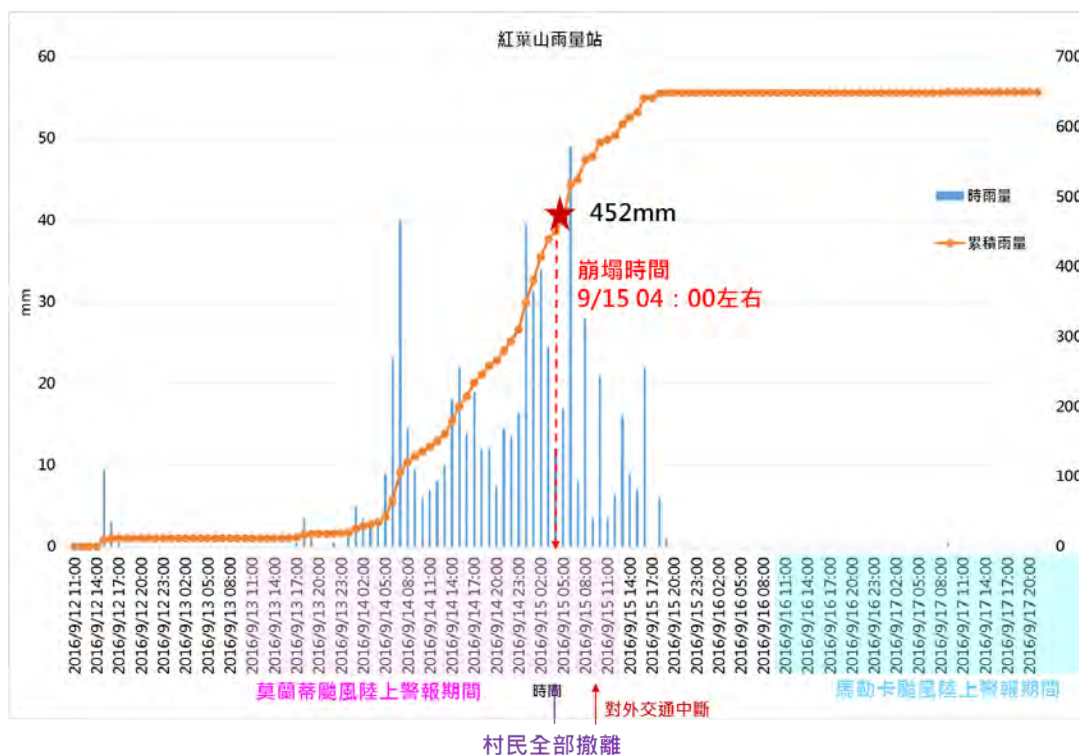
▲ 臺東縣紅葉村災害空拍圖 (資料來源：水土保持局)

(二) 臺東縣延平鄉紅葉村崩塌

臺東縣延平鄉紅葉村於 9 月 15 日清晨 4 點左右，紅葉部落後方邊坡發生崩塌，大量雨水夾帶黃土沖入部落，紅葉村 1-3 鄰受災最為嚴重，部落房屋受損 28 戶，根據紅葉山雨量站所記錄，當時累積雨量約 452 毫米。水保局之莫蘭蒂颱風重大土砂災例摘要報告顯示，主要崩塌區位於稜線附近初估約為 4.8 公頃，崩塌下移總土砂量約達 80,000 立方公尺。由中央地質調查所五萬分之一地質圖顯示，紅葉村附近崩塌區上方地質組成為黑色板岩偶夾變質砂岩，下游堆積區為礫

石、砂、粉砂及粘土，由坡度圖與坡向圖顯示此次的新增崩塌所在的坡度多介於 30-44 度之間。

由泰國 THEOS 影像所計算之 NDVI 影像中判釋結果，顯示紅葉村本次颱風新增崩塌面積加上堆積區初估約有 19.6 公頃。崩塌源頭仍有部分土石，其所造成的影響，包括林道毀損，既有構造物堆積於中游的崩塌堆積區。堆積區域之房舍受到土石堆積的影響，特別是崩塌地所在位置之下游區域。另外，聚落內之道路和房舍亦因崩塌土石的流入而造受衝擊。



▲ 紅葉山雨量站於莫蘭蒂颱風期間降雨情形、災害事件發生與應變作為時序



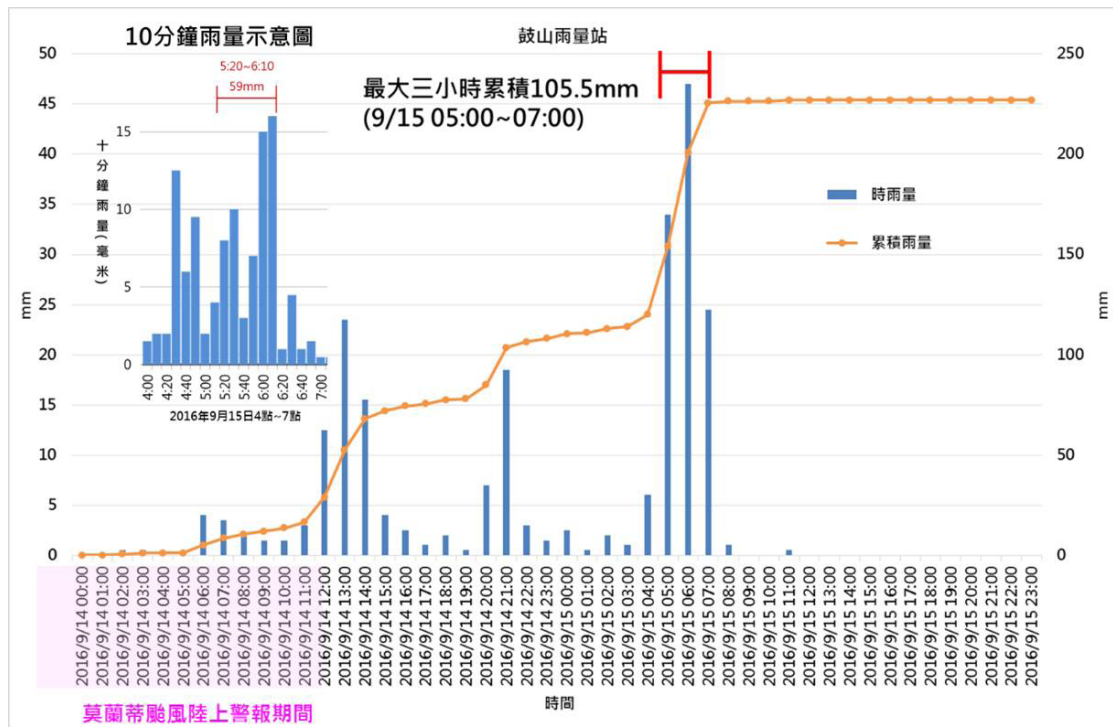
▲ 紅葉部落民宅受損情形

淹水災害

莫蘭蒂颱風造成南部局部地區積淹水，根據彙整積淹水位置共有 185 處，分布在 7 縣市 48 鄉鎮，其中高雄市積淹水鄉鎮最多，其次為屏東縣。莫蘭蒂颱風過後，緊接馬勒卡颱風由臺灣東岸北上影響臺灣，雖然與臺灣本島陸地有距離，故造成的降雨相對而言來的小，造成積、淹水災情僅 7 處災點通報。



▲ 高雄市九如路橋淹水情形
(照片來源：民眾方先生提供)



▲ 高雄市鼓山測站於莫蘭蒂颱風期間降雨序列

(一) 屏東縣枋寮鄉與佳冬鄉的淹水分析

佳冬雨量站最大時雨量達 49 毫米，已超過經濟部水利署 1 小時降雨一級淹水警戒值（40 毫米）；最大累積 3 小時降雨量也達到 125 毫米（超過一級淹水警戒值 90 毫米），而最大 24 小時累積雨量為 412.5 毫米（超過 24 小時降雨一級淹水警戒值 250 毫米），大量降雨於短時間內發生，因此該區的排水無法宣洩，因而發生積、淹水災害。

(二) 高雄市鼓山區與前鎮區的淹水分析

鼓山雨量測站可以得知最大時雨量為 47 毫米，接近此二區 1 小時降雨淹水二級警戒值 50 毫米，最大 3 小時累積降雨，達 105.5 毫米，亦接近水利署淹水二級警戒值 110 毫米。若從 10 分鐘雨量資料來看，最大累積時雨量發生在清晨 5 點 20 分至 6 點 10 之間達 59 毫米，幾乎已達此區之一級淹水警戒值 60 毫米，顯示降雨確實很大。

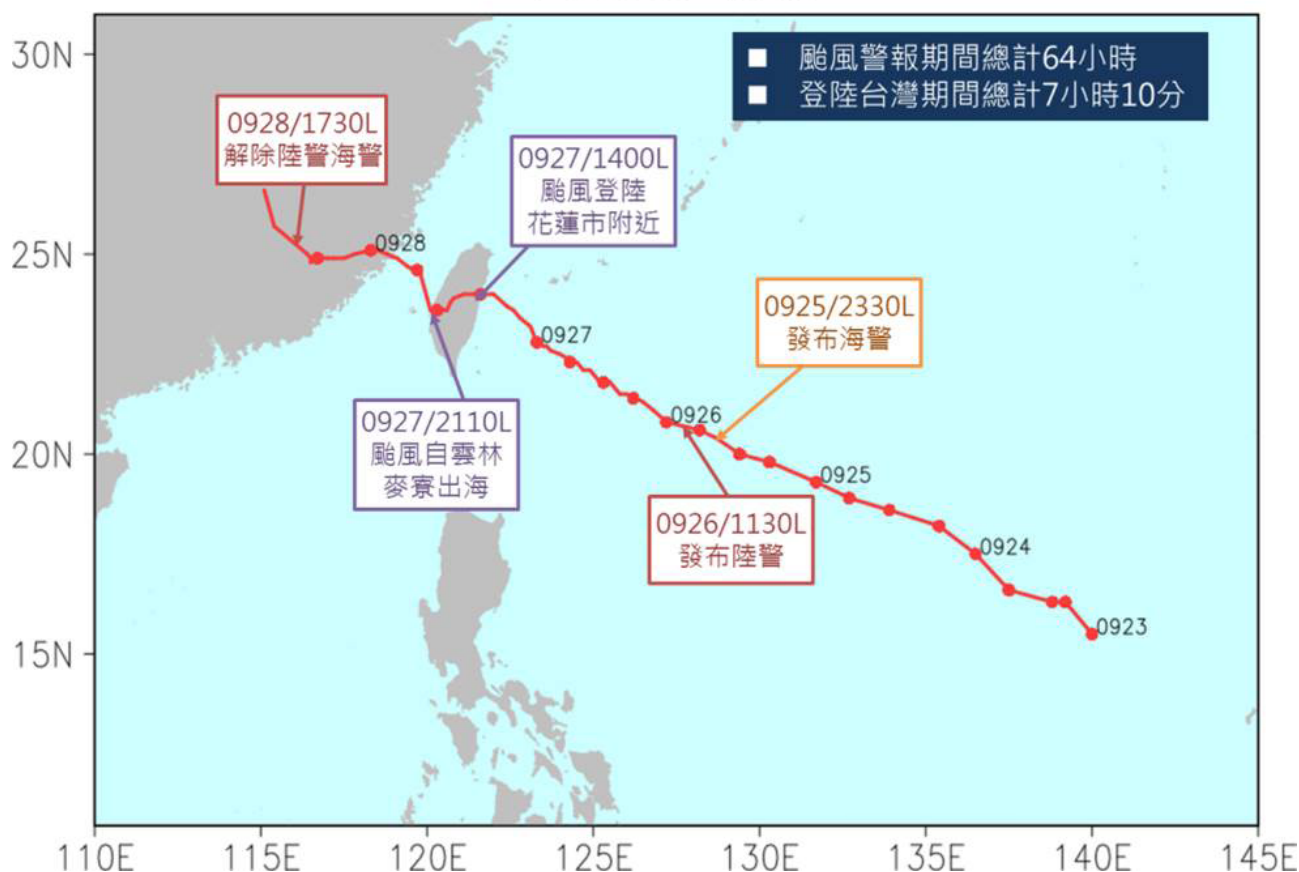
另外，此地區每逢大雨又遇大潮時便會淹水，分析淹水時間與沿海潮位站之觀測資料潮位較高的時間是一致的（9 月 15 日上午 4 點至 7 點），顯示出該區域確實受到大潮影響排水能力，淹水消退時間則為上午 6-7 點，因此當潮位降低後淹水即可排出。

停水、停電

依據內政部消防署之莫蘭蒂災害應變處置報告第 5 報（結報）統計，截至 9 月 15 日 12 時，全臺 1 人死亡、失蹤 0 人、62 人受傷。另外，馬勒卡颱風影響期間，並無造成人員傷亡。依據馬勒卡颱風災害應變處置報告第 5 報（結報）統計，將兩場颱風截至 9 月 18 日 12 時，所造成之維生管線受損災情總計影響自來水 722,699 戶、電力 110,346 戶、電信（市話）20,526 戶、電信（基地台）3,616 戶。

梅姬颱風

201609 MEGI



▲ 梅姬颱風路徑圖、警報發布及通過臺灣之時間點說明，路徑上所標示日期為 UTC 時間
(資料來源：中央氣象局)

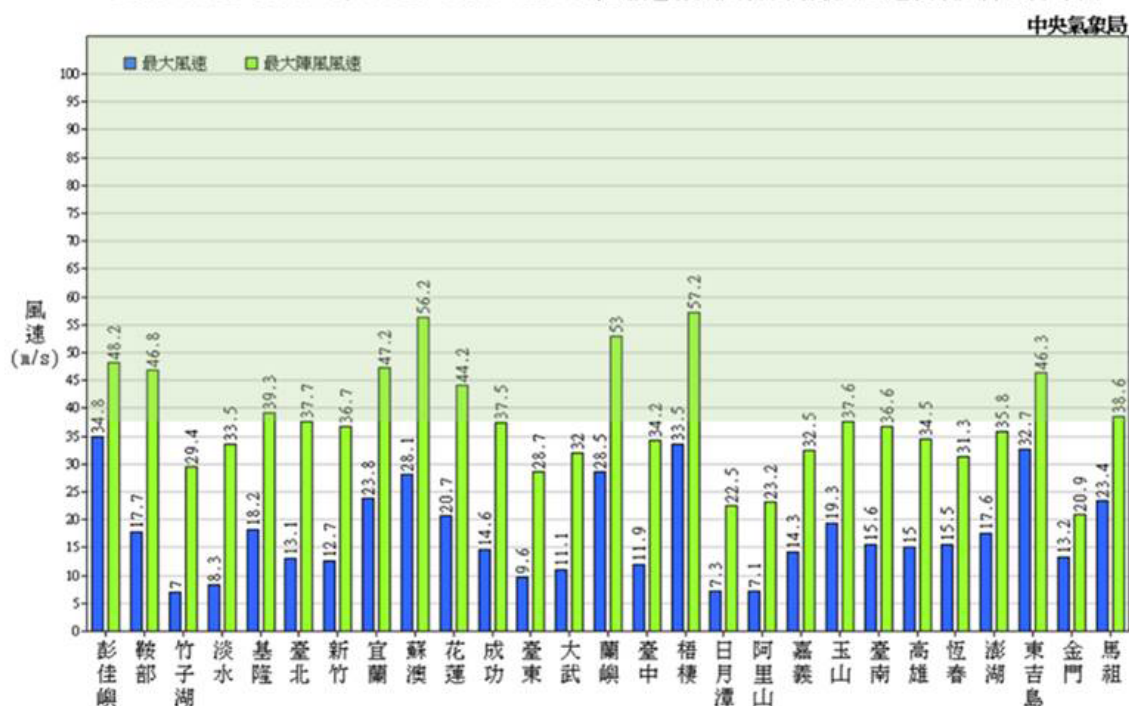
颱風概述

梅姬颱風 (MEGI) 為 2016 年侵臺的第四個颱風。梅姬颱風於 9 月 23 日生成。中央氣象局於 25 日 23 時 30 分與隔 (26) 日 11 時 30 分，分別發布海上與陸上颱風警報。颱風中心於 27 日 14 時從花蓮市附近登陸，此時颱風為中度颱風等級。經過 7 小時 10 分之後，颱風中心於晚間 9 時 10 分自雲林麥寮出海。28 日下午臺灣本島與金門地區逐漸脫離梅姬颱風的暴風圈，中央氣象局於 28 日 17 時 30 分解除颱風陸上與海上警報。

風力分析

梅姬颱風是一個外圍強風區範圍廣大的颱風，颱風於 28 日 14 時登陸花蓮市時，7 級風暴風半徑高達 250 公里，10 級風暴風半徑也達 100 公里。颱風接近至登陸階段，臺灣東半部首當其衝，各地出現強陣風。東部最大風力出現於蘇澳測站，當地測得高達 56.2 m/s 的強陣風，相當於 17 級風。隨後颱風通過臺灣至出海期間，臺灣西半部也受到強風影響。最大陣風發生在臺中梧棲測站，強陣風高達 57.2 m/s，相當於 17 級風。

2016 09/25 23:00 到 09/28 17:00 MEGI 颱風發警報期間各測站最大風速及最大陣風分布圖



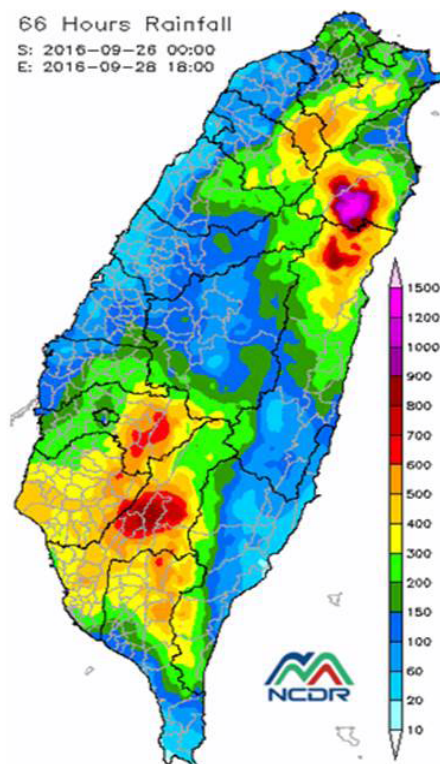
▲ 梅姬颱風各測站最大風速與最大陣風分布圖 (資料來源：中央氣象局，淺色底色為超過 13 級風)

整場事件累積雨量TOP10

位置	測站名	雨量 (mm)
宜蘭縣大同鄉	太平山(1)	1066.0
宜蘭縣大同鄉	太平山	1023.5
花蓮縣秀林鄉	天祥	960.5
高雄市甲仙區	甲仙	908.0
高雄市六龜區	新發	904.0
高雄市六龜區	六龜	892.5
台南市南化區	羌黃坑	822.0
高雄市杉林區	集來	775.0
屏東縣三地門鄉	尾寮山	752.0
高雄市桃源區	藤枝	737.0

資料為即時雨量資料(MDF)

66 Hours Rainfall
S: 2016-09-26 00:00
E: 2016-09-28 18:00



▲ 梅姬颱風警報期間累積雨量前 10 名排序與累積雨量空間分布圖

降雨分析

梅姬颱風期間，全臺均有明顯降雨。總計梅姬颱風警報期間累積雨量最多的區域分布在東部的宜蘭縣、花蓮縣與南部的高雄市、臺南市與屏東縣，全臺測站累積雨量最高的測站為宜蘭縣大同鄉太平山達

1,066 毫米。其次為花蓮縣秀林鄉的天祥與高雄市甲仙區的甲仙，累積雨量分別達 960.5 毫米與 908 毫米。臺南市與屏東縣的最大累積雨量分別於南化區羌黃坑與三地門鄉的尾寮山測得，各有 822 毫米與 752 毫米。

災害紀錄

風力災害

梅姬颱風自花蓮登陸後掃過臺灣中北部自雲林出海，其夾帶的強大風勢造成各地均有風災傳出，首當其衝的宜蘭、花蓮等地路樹、招牌、車輛損壞，颱風中心自雲林出海後，中部與西南部地區亦有災情傳出。

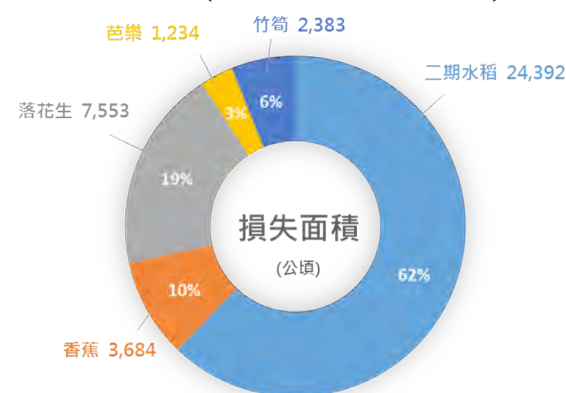
農業損失

經農委會統計資料（至 10 月 3 日 18 時止），農林漁牧業產物及民間設施估計損失計 33 億 5,882 萬元。其中，雲林縣損失 6 億 6,750 萬元（占 20%），嘉義縣損失 5 億 6,401 萬元（占 17%），彰化縣損失 4 億 4,517 萬元（占 13%），宜蘭縣損失 3 億 2,842 萬元（占 10%），臺中市損失 2 億 9,825 萬元（占 9%），高雄市損失 2 億 9,636 萬元（占 9%）較嚴重。合計損失最多的縣市分布於颱風中心登陸時北方迎風面的宜蘭市，以及颱風中心離臺時距離颱風中心較近彰化、雲林與嘉義等地區。

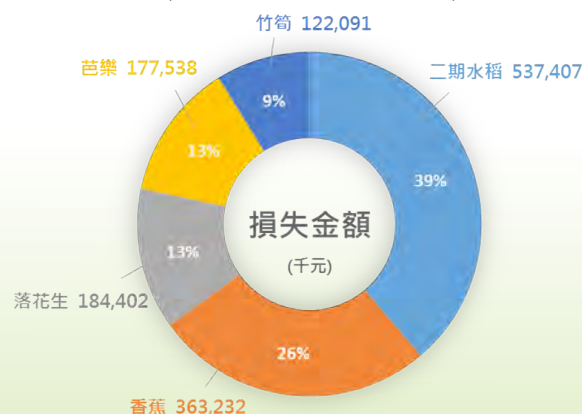
其中農產損失金額為 27 億 8,241 萬元，農作物損失面積 59,291 公頃，損害程度 27%，換算無收穫面積 15,901 公頃；受損作物主要為二期水稻，損失面積 24,392 公頃，損失金額 5 億 3,741 萬元，其次分別為香蕉、落花生、芭樂及竹筍等損失金額較多。畜產估計損失金額約 1,646 萬元，主要是鴨、雞及豬等受損所致。漁產估計損失金額約 9,736 萬元，主要為虱目魚、鱸魚及石斑等受損所致。林產估計損失金額約 660 萬元，以林木受損為主。



▲ 梅姬颱風農業損失，其中農產損失包含農作物及養蜂損失（資料來源：農委會網站）



▲ 前五大受損農作物的損失面積（資料來源：農委會網站）



▲ 前五大受損農作物的損失金額（資料來源：農委會網站）

特別企劃篇

▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊

加拿大 麥克默里堡森林大火

森林大火事件發生於加拿大西部亞伯達省 (Alberta) 東北部的石油工業重鎮麥克默里堡 (Fort McMurray)

地理環境

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 134 期 2016 年 9 月出刊

加拿大亞伯達省 (Alberta, 簡稱 AB) 南北長 1,217 公里，東西寬 293 至 650 公里不等，面積約 66 萬平方公里，東與薩克其萬省 (Saskatchewan, 簡稱 SK) 相鄰，西與卑詩省 (British Columbia, 簡稱 BC) 接壤。其

產業主要是林業、石油和天然氣，為加拿大經濟最發達的省份。而麥克默里堡位處世界第三大的阿荷屬沙斯卡油田，以油砂礦 (Oil Sands) 豐富著名，其石油產量占全國的 1/3，為加拿大的能源產業重鎮。

在氣候條件上，麥克默里堡介於副極地氣候和溫帶大陸型氣候之間，冬季寒冷，1月平均氣溫約為 -17.4°C (0.7°F)，但偶有焚風帶來溫暖空氣；夏季溫和，7月平均氣溫約為 17.1°C (62.8°F)。全年而論，月均溫高於 10°C (50°F)的時間約僅3個月。平均年降雨量為418.6毫米，好發於夏季；平均年降雪量為133.8公分，主要發生於10月至隔年4月。當地測得最高溫紀錄為 38.9°C (即 102°F ，於1941年7月18日所測得)；最低溫則為 -53.3°C (即 -64°F ，分別於1917年2月1日和1933年12月31日兩度測得)。

根據加拿大自然環境部 (Natural Resources Canada) 統計過去25年間的森林大火資料，在擁有全世界森林總面積10%的加拿大，每年有8,300起的森林大火發生，年平均約230萬公頃的土地被焚燒，花費在森林大火滅火的費用每年高達5億至10億元加幣不等 (相當於121億元台幣至242億元台幣)。而此次麥克默里堡森林大火事件已被列為亞伯達省歷史上最具破壞性的森林大火事件，其對於都市衝擊程度已超過了2011年奴湖村 (Slave Lake) 和1919年拉克拉比什荒地 (Lac La Biche wildland) 的森林大火事件。

災害歷程與作為

整場事件的起火點開始於5月1日麥克默里堡西南方約15公里處的偏遠地區，麥克默里堡所屬的伍德布法羅地區自治市 (Regional Municipality of Wood Buffalo) 於入夜後便頒布地方緊急命令，強制疏散百年拖車公園 (Centennial Trailer Park) 以及草原溪 (Prairie Creek) 和格雷戈瓦 (Gregoire)；5月3日，火勢逐漸蔓延至麥克默里堡，焚燒面積達3,983公頃，政府也將鄰近的安扎克 (Anzac)、格雷戈瓦湖莊園 (Gregoire Lake Estates) 和麥克默里堡原住民保留區 (Fort McMurray First Nation) 強制納入疏散範圍；5月5日，大火持續向南蔓延，焚燒面積達10,575公頃，亞伯達省政府也加強頒布全省範圍禁火令；5月7日，焚燒範圍再增加至161,359公頃，但焚燒速度略微趨緩；直至5月17日，火勢又加劇向北蔓延，焚燒面積達399,785公頃，威脅到麥克默里堡北部的油砂提煉廠，使得當地多家石油公司中止採油，日減產約100萬桶石油，相當於全國產油量的1/4；並於5月19日起，火勢蔓延至隔鄰的薩克其萬省，焚燒面積達498,704公頃。



▲ 加拿大亞伯達省麥克默里堡的地理位置
(資料來源 :www.onegreen.net)



▲ 5月5日森林大火焚燒災情照片
(資料來源 :NASA-Earth Observatory)



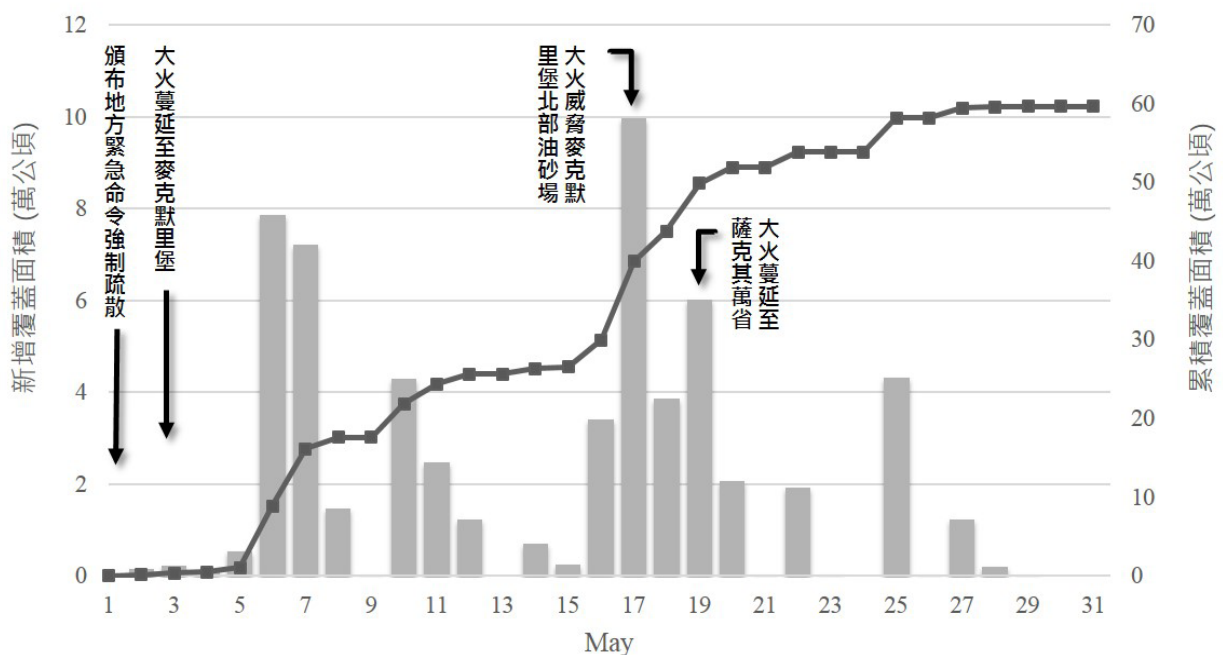
▲ 5月17日由芬蘭 NPP 衛星拍攝的可見紅外光譜感測圖，白色表示為火源，可明顯看到火勢有靠近北部油砂提煉場的趨勢 (資料來源 :NOAA/NASA CLMSS/SSEC)

根據加拿大跨部門森林防火中心 (Canadian Interagency Forest Fire Centre Inc.) 的國家荒地火災形勢報告 (National Wildland Fire Situation Report) 至 5 月 31 日的統計結果顯示，一共造成了約 595,708 公頃的焚燒面積，525 起的火災數量，約 8.8 萬名的居民從麥克默里堡向南北一帶進行強制疏散，全省各處緊急成立臨時收容中心，北至麥克默里堡以北的油砂工作營地，南至首都埃德蒙頓及卡加利，造就了亞伯達省有紀錄以來最大規模的居民撤離行動。麥克默里堡居民為躲避森林大火威脅而緊急逃離狀態，麥克默里堡南下疏散的唯一主要幹道亞伯達 63 號公路，因遭大量撤離居民湧入而癱瘓現況。其中，無人直接因為火災而死亡，疏散期間因車禍罹難人數 2 人。大火燒毀超過 2,400 棟住家及建築物、影響加拿大重大油砂產業運作外，也一度造成麥克默里堡國際機場中止商營民航服務。麥克默里堡市區建築遭火吞噬後留下的斷垣殘壁。位於麥克默里堡南方的拉克拉克比什 (Lac La Biche) 緊急成立的臨時收容中心，集合各地捐贈的衣物和補給品。

另外，亞伯達省政府也提供災民緊急援助金，成人可獲得補助 1,250 元加幣 (相當於 30,298 元台幣)，兒童可獲得補助 500 元加幣 (相當於 12,119 元台幣)。

而根據 5 月底亞伯達省政府官方災情報告表示，大火已被控制，未來仍需要數個月才可完全撲熄。而麥克默里堡境內約有 85-90% 建築被保存下來，已陸續恢復電力及天然氣。亞伯達省政府也宣布從 6 月 1 日起分階段開放麥克默里堡災民重返家園，截至 6 月 8 日已有約 4.2 萬名居民返回當地。

保險業也表示此次麥克默里堡森林大火所造成損失，恐為 2011 年奴湖村森林大火事件的 10 倍之多，初估造成經濟損失約 47 億元加幣 (相當於 1,139 億元台幣)，若要重建整座城市的費用初步概估高達 90 億元加幣 (相當於 2,181 億元台幣)，已遠遠超過 1998 年北美冰災的損失金額 19 億元加幣 (相當於 460 億元台幣) 以及 2013 年亞伯達洪水的損失金額 18 億元加幣 (相當於 436 億元台幣)，可堪稱加拿大史上經濟損失最大一次的災害。



▲ 本次森林大火於亞伯達省的焚燒面積歷程 (資料來源:CIFFC)

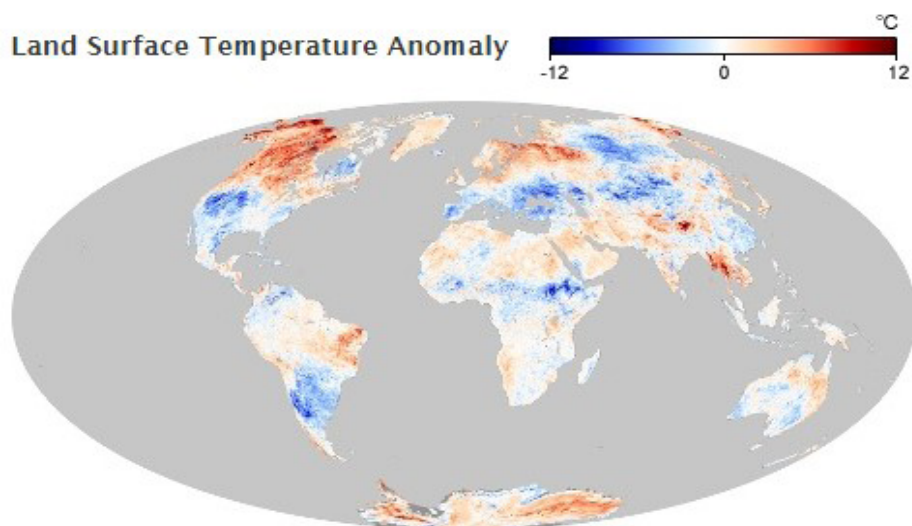
災因分析

森林大火加劇延燒的原因，許多研究認為可歸咎於以下四點：(1) 全球暖化、(2) 異常阻塞高壓壟罩、(3) 聖嬰現象、(4) 人類行為，在綜合以上情況下而導致此次亞伯達省毀滅性的森林大火事件發生。

(一) 全球暖化

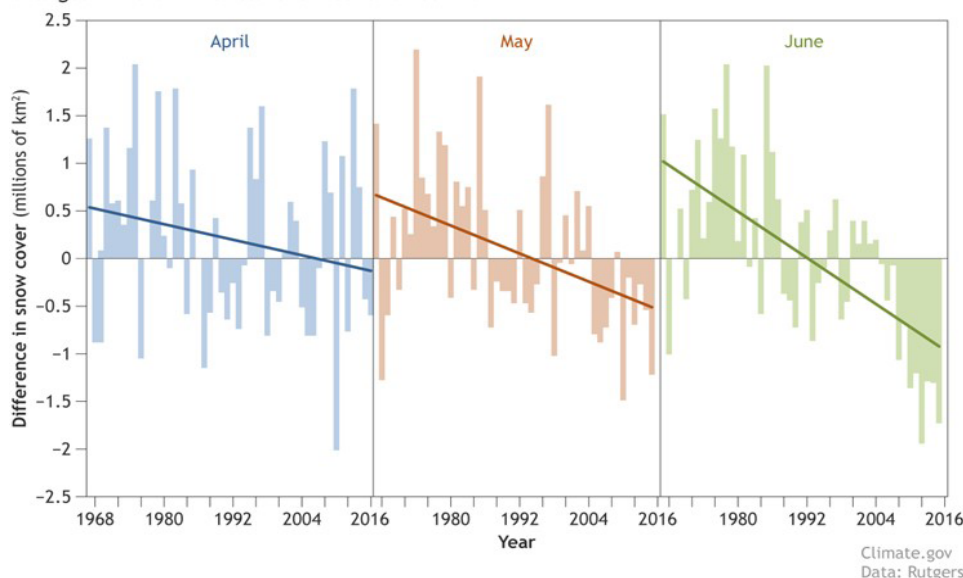
根據 Flannigan et al. (2016) 的研究指出，隨著全球暖化，自 1979 年起森林大火季節顯著延長。由美國國家海洋和大氣管理局 (NOAA) 的最新報告顯示，2016 年 5 月全球平均溫度達到 16.33°C ，比創紀錄的去年還高出 0.12°C 。若從今年 5 月份的全球地表溫度距平

分布可發現，在加拿大一帶的地表溫度均呈現較歷史平均值高的現象。除此之外，北美地區自 1967 年至 2016 年期間 4 月至 6 月的積雪，有逐年遞減的趨勢，其中 5、6 月的積雪減少幅度又較 4 月為大。地表溫度的高低以及覆雪量的多寡，是影響森林大火發生與否的重要因子。在加拿大等中高緯度國家，當春季地面積雪較多時，融化後可提供森林所需的水分，來保持土壤的濕潤；反之，當春季覆雪量減少時，加上出現持續高溫，就容易誘發森林大火事件發生。



◀ 2016 年 5 月全球地表溫度距平分布圖
(資料來源 :NASA-Earth Observatory)

Changes in North American snow cover since 1967



◀ 北美地區自 1967 年至 2016 年期間 4 月至 6 月積雪變化趨勢圖
(資料來源 :NOAA)

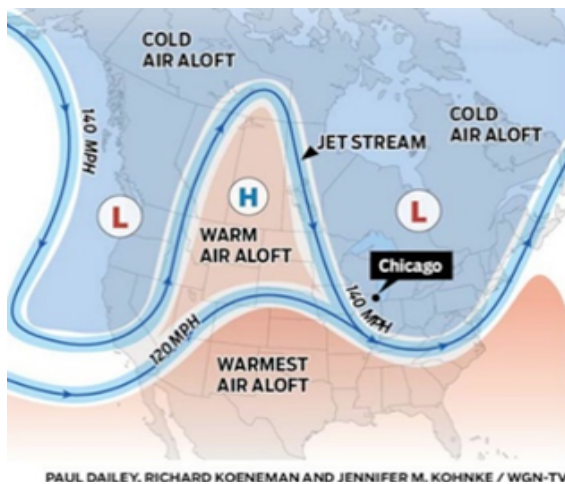
(二) 異常阻塞高壓壟罩

阻塞高壓 (Block) 在氣象上代表大規模滯留的氣壓場，會有效地阻擋或改變氣旋的行進路徑，阻塞高壓可滯留在原地數天至數周，使當地維持相同天氣許久。在北半球，延長阻斷最常發生東太平洋及大西洋的春季，是大氣環流的自然現象，其往往因為高層噴流軸扭曲成類似於希臘字母 Ω 的形狀而被稱之為 Omega block，通常呈現低 - 高 - 低的氣壓場分布型態。

依據 5 月 5 日於大氣 500hPa 高度場之空間距平分布圖，可明顯看出異常阻塞高壓 (Omega block) 形成於北美阿拉斯加至北美西北上空，受其巨大且持續性的高壓壟罩以及下沉氣流絕熱增溫的效應影響，造成當

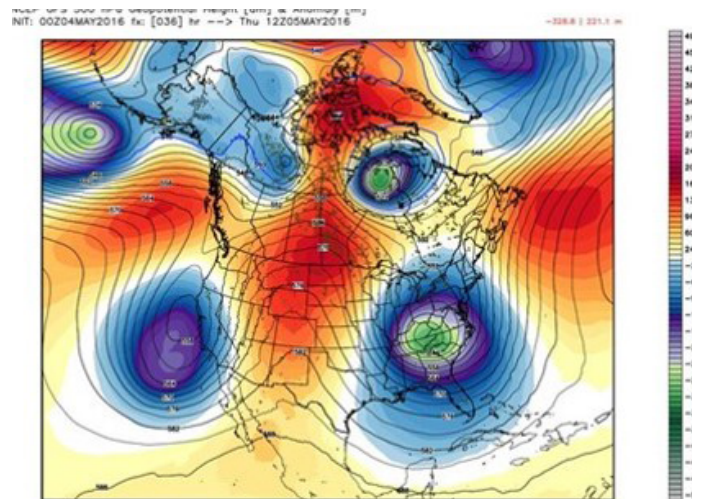
地極端穩定且乾燥的天氣，使得加拿大西部長時間處於高溫炎熱的環境，形成有利森林大火持續延燒的天氣型態，也導致森林燃燒的面積加劇及時間延長。

而北美異常阻塞高壓的出現，科學家認為與大氣的太平洋 - 北美遙相關型態 (Pacific North American, PNA) 有關，其會呈現高壓 - 低壓 - 高壓的波列結構。因此，從 500hPa PNA 與 1000hPa 地表溫度的關係分布看到，地表溫度會隨著高 - 低氣壓交替著分布，具有高度相關。當 PNA 於北美洲呈現正距平高度場時，其相對應之地表溫度亦為正距平；反之則為負距平。而 PNA 的形成，科學家認為又與去年冬季成形的聖嬰現象有關。



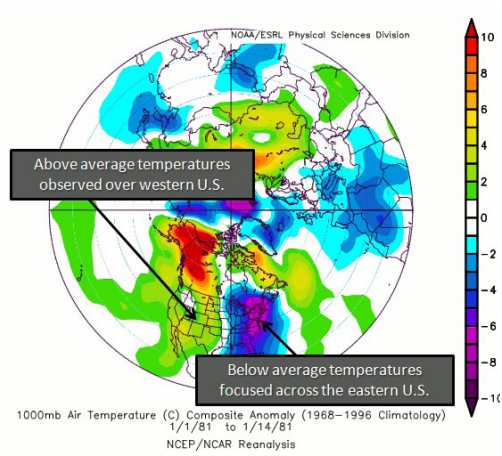
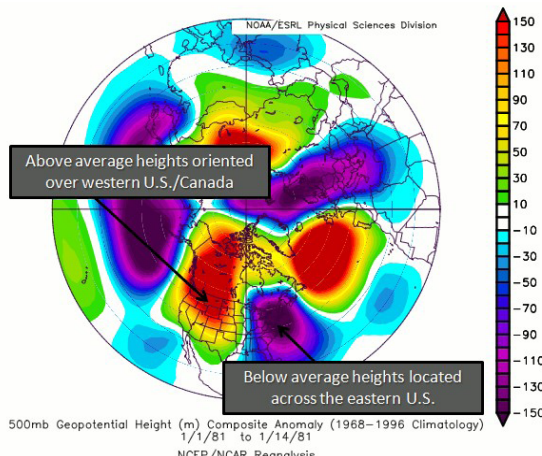
▲ Omega Block 阻塞高壓示意圖

(資料來源 :NOAA-National Weather Service)



▲ 2016 年 5 月 5 日於大氣 500hPa 高度場下高壓距平分布圖

(資料來源 :NOAA)



▲(左)500hPa 太平洋 - 北美遙相關型態 PNA 及 (右)1000hPa 地表溫度關係分布 (資料來源 :NOAA)

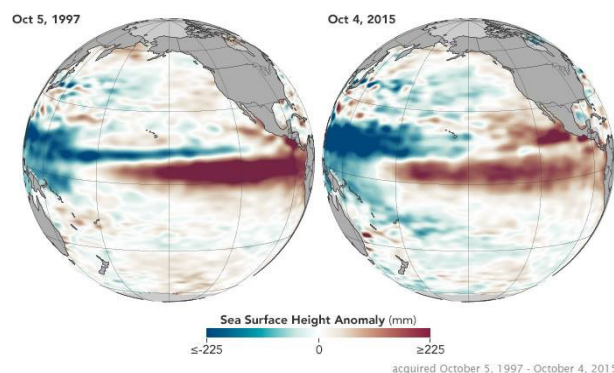
(三) 聖嬰現象

從 1997 年與 2015 年 10 月份的表層海水高度的距平分布看到，表層海水高度與表層海溫具有一定的正相關，當海溫越高，海水高度則越高，從 2015 年 10 月與 1997 年 10 月的表層海水高度距平分布形態，有著極高相似處。另外也有學者指出，以常用的聖嬰 / 反聖嬰指標 Oceanic Niño Index (ONI) 為例，2015 年 8 至 10 月的平均值為 +1.7，僅次於 1997 年的 +2.0，可名列觀測史上第二高的聖嬰現象。而從 2015 年報導指出，加拿大草原省份，包括亞伯達、薩克其萬、曼尼托巴等地，經歷了 68 年來最乾旱的冬季與春季，再加上北美創紀錄的低積雪量，以及比以往更少的 6 月降雨，已導致一些農場難以生存，這些大氣環境的變化以及所引發的衝擊，聖嬰現象都難責其咎。

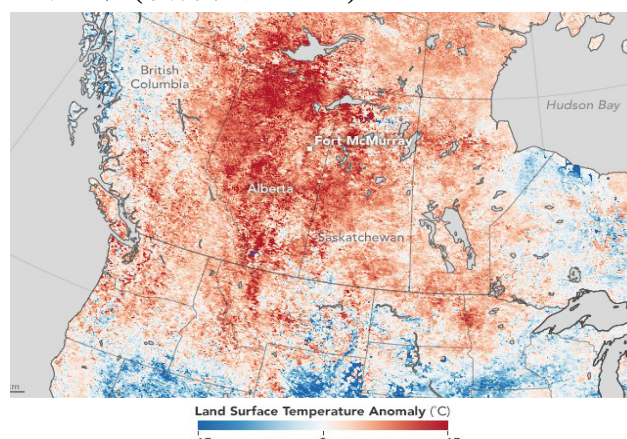
因此，加拿大西部地區接續了前年乾旱事件，在乾燥且無足夠積雪環境下過冬，其後繼續受到聖嬰現象的衝擊影響下，形成更多有利於森林大火發生的燃料環境。

(四) 人類行為影響

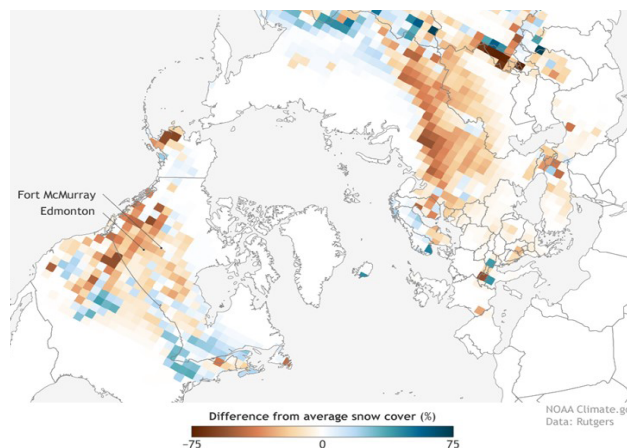
根據亞伯達大學森林大火專家 Flannigan 認為，此次亞伯達省森林大火燒毀面積已超過 1970 年以來的兩倍之多，造就該趨勢的人為因素可歸咎於兩點，(1) 麥克默里堡在過去 10 年為加拿大阿薩巴斯卡油砂產業最繁榮的城市之一。油燃燒時所釋放的二氧化碳和其他溫室氣體，造成環境溫度升高，加劇了森林大火；(2) 人口結構密集，誘發火災機會則越高。從麥克默里堡 1997 年的人口普查僅約 3 萬人口，於 2011 年已超過 6 萬人口。從麥克墨里堡的溫度資料也顯示，其創下了高溫紀錄 32.6°C (91°F)，較過去 27.8°C 增加了 5°C；而從麥克墨里堡的氣候資料顯示，自 1950 年起超過 25°C (70°F) 的天數逐漸增加，從 1950 年平均 21 天，增加至 2010 年平均 35 天。



▲ 1997 年與 2015 年 10 月份的表層海水高度的距平值比較 (資料來源: NOAA)



▲ 加拿大亞伯達省 2016 年 4 月 26 日至 5 月 3 日的地表溫度距平，可以明顯看到亞伯達省於該期間的地表溫度距平較鄰近省份高出許多 (資料來源: NASA-Earth Observatory)



▲ 加拿大亞伯達省 2016 年 4 月平均積雪深度變化，顯示於麥克默里堡及埃德蒙頓的積雪平均深度呈現較氣候平均值減少 (資料來源: NOAA)

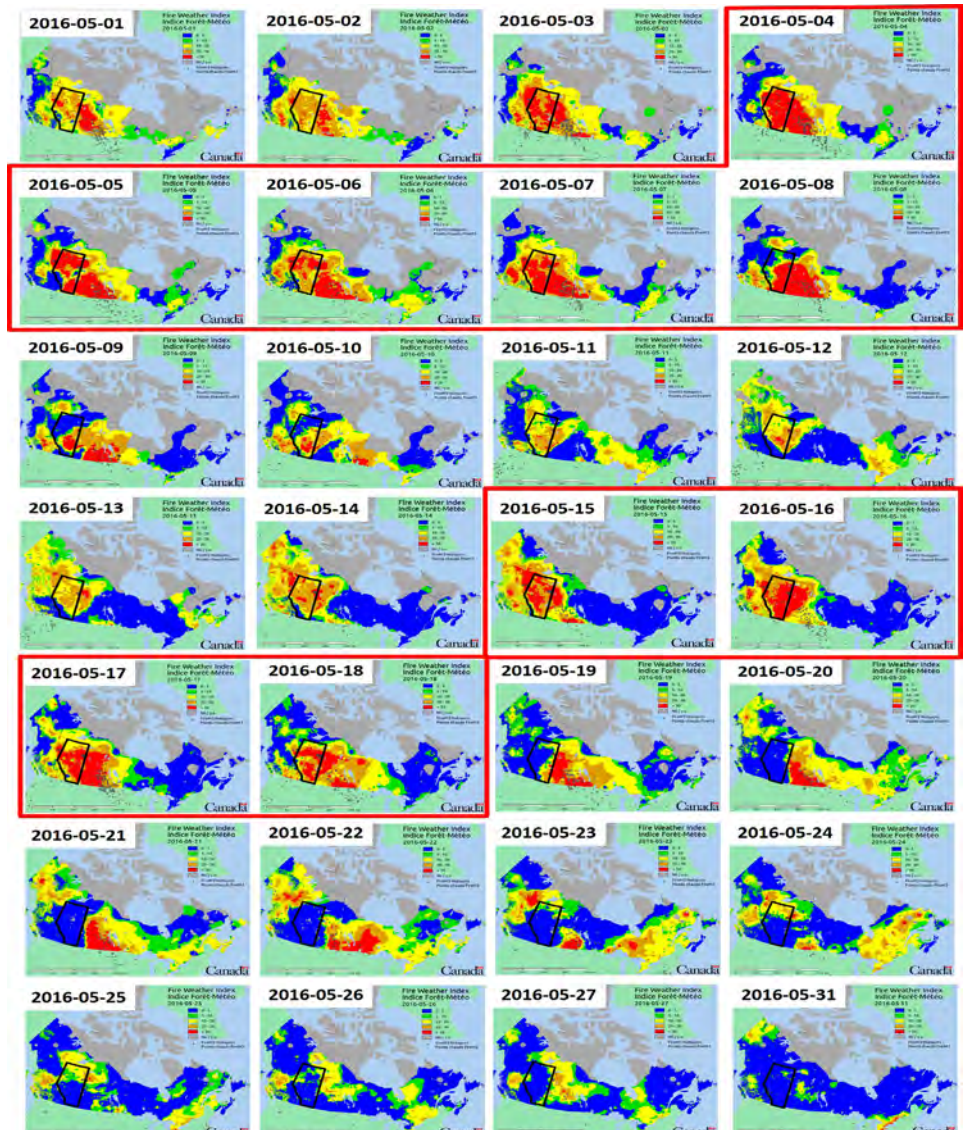
加拿大森林火險天氣指數

在擁有全世界 10% 豐富森林資產的加拿大，過去紀錄中每年 5 月份左右便會開始所謂森林大火季節，然而受到乾燥且溫和的冬季與早春影響，近年來亞伯達省官方公布的森林大火季節均有明顯提早的現象，去年為 3 月 15 日，今年為 3 月 1 日，整整較過去提早了 2 個月的時間。

加拿大自然資源部也透過加拿大森林火險等級系統 (Canadian Forest Fire Danger Rating System, CFFDRS) 模式作為長期火險天氣預報，用以防範森林大火發生

及燃燒面積持續擴大的決策參考。其中，森林火險天氣指數 (Fire Weather Index, FWI) 又為 CFFDRS 系統中的重要組成之一，其主要透過每日的天氣條件去計算出不同位置大小的可燃物含水率變化，並劃分出森林潛在火險等級。FWI 指標可分為 5 個等級，值域範圍由 0 至 30 之間表示，FWI 值越高，則表示火災危險性越大，並且可再透過 FWI 指數換算出每日火災嚴重等級 (Daily Severity Rating, DSR)，來評估火災控制的難度，反映出滅火所需要的成效時間。

► 從 5 月 1 日至 31 日的森林火險天氣指數 (FWI) 分布顯示，可發現在亞伯達省有兩波火險天氣指數偏高的現象，一波是 5 月 4 日至 8 日，而另一波則是 5 月 15 日至 18 日，比照每日實際新增的焚燒面積，也確實於 5 月 6 日一天增加了 78,684 公頃的焚燒面積，於 5 月 17 日一天增加了 99,769 公頃的焚燒面積，說明了森林火險天氣指數 (FWI) 對於森林火災焚燒的程度，有極高的參考價值 (資料來源 :Natural Resources Canada)

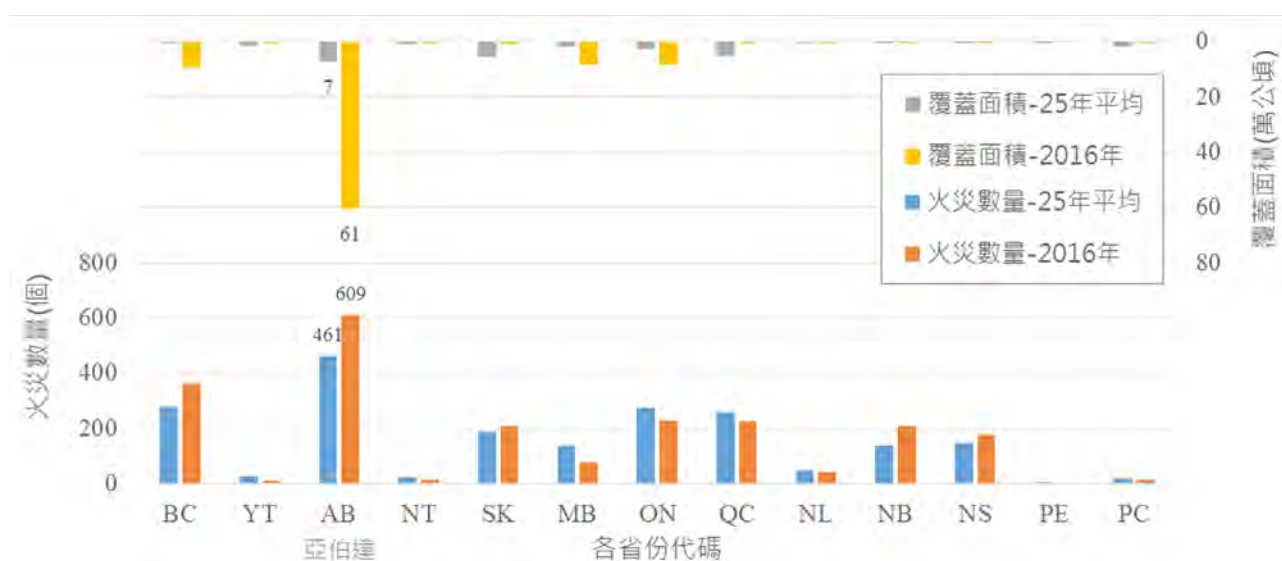


加拿大森林火災歷史紀錄

根據加拿大自然資源部統計過去 25 年間森林大火數據顯示，每年平均有超過 8,300 起森林大火、燃燒面積超過 230 萬公頃。其中，燃燒面積大於等於 200 公頃的森林大火，占總燃燒面積的 97%，卻僅占總森林大火數量的 3%，並且以樹冠火占大部份，也說明原占少數的森林大火，大部份因樹冠火的燃燒蔓延行為而演變成更大、更嚴重的燃燒範圍，此次麥克默里堡森林大火事件即為這樣的極端案例。自 2016 年 5 月 1 日統計至 31 日，為期一個月時間即發生了 525 起森林大火，燒毀高達 595,708 公頃的土地面積，約 2,400 棟建築受損，超過 8.8 萬居民遭強制撤離家園，影響加拿大油砂重要產業運作，初估經濟損失達 47 億元

加幣（相當於 1,139 億元台幣），為加拿大史上經濟損失最大的一次災難。

根據加拿大跨部門森林防火中心 (Canadian Interagency Forest Fire Centre, CIFFC) 所提供的加拿大各省份於 2016 年上半年及過去 25 年平均的森林大火覆蓋面積和火災數量，其中，不管是過去 25 年平均或是今年上半年所發生森林大火數量及焚燒覆蓋面積，亞伯達省（簡稱 AB）都較其他省份來得高；除此之外，今年的火災數量已達過去 25 年平均的 1.32 倍，而森林大火焚燒覆蓋面積則高達過去 25 年平均的 8.71 倍，均顯示今年上半年在森林大火衝擊確實有較往年更加劇現象。



▲ 加拿大各省份於 2016 年上半年與過去 25 年平均的森林大火覆蓋面積及火災數量比較 (資料來源:CIFFC)

災害特性與借鏡

溫度為影響森林大火活躍程度最重要的主變量，越高的溫度將會促使森林大火活動增加。綜整今年實際所觀測到的幾點現象，包括麥克默里堡的高溫紀錄、加拿大森林大火季節的提早、亞伯達省森林大火數量及面積較過去平均增加。探討森林大火加劇的原因，可歸因於(1)大環境暖化，(2)異常阻塞高壓 (Omega

Block) 壟罩，(3) 聖嬰現象及 (4) 人類開發行為，使得麥克默里堡創下近年有紀錄以來的高溫，加劇森林大火發生的環境與發展條件外，再加上麥克默里堡是重要石油產業重鎮，才釀成此次亞伯省紀錄中疏散人數及災害損失最高的一次森林大火事件。

第參篇 國際天然災害



巴基斯坦山洪爆發

▲ 照片來源 :EPA/典匠資訊

地理環境

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 131 期 2016 年 6 月出刊

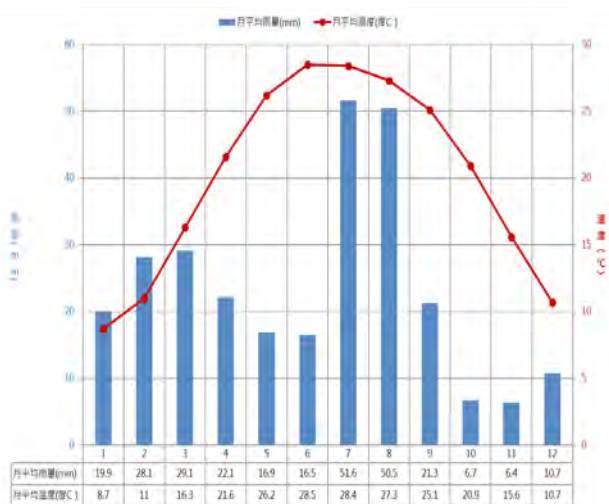
巴基斯坦（Pakistan）位於南亞西北部，東與印度比鄰，南面是阿拉伯海，西與伊朗接壤，西北和阿富汗相連，東北面可通往中國新疆，國家面積約 80 萬平方公里。巴基斯坦地勢由西北向東南傾斜，全境五分之三為山地、高原，北有喜馬拉雅山脈（Himalayas），東部為印度河（Indus）中下游沖積平原，東南為印度大沙漠（The Great Indian Desert）。巴基斯坦地勢高低

差異極大，氣候多樣，且位在歐亞與印度板塊交界，為地震好發區，歷年受洪災、風災、地震等災害影響甚鉅。

巴基斯坦屬於亞熱帶乾燥和半乾燥氣候，整體氣候偏炎熱乾燥。冬季涼爽，為 12 月至次年 2 月；春季炎熱、乾燥，為 3 月至 5 月；夏季多雨，6 月至 9 月；西北屬季風氣候，10 月至 12 月為季風減退季節。全



▲ 巴基斯坦地理位置 (資料來源：修改自 Ezilon)



▲ 歷史月平均雨量及溫度分佈圖
(資料來源：修改自 World Bank)

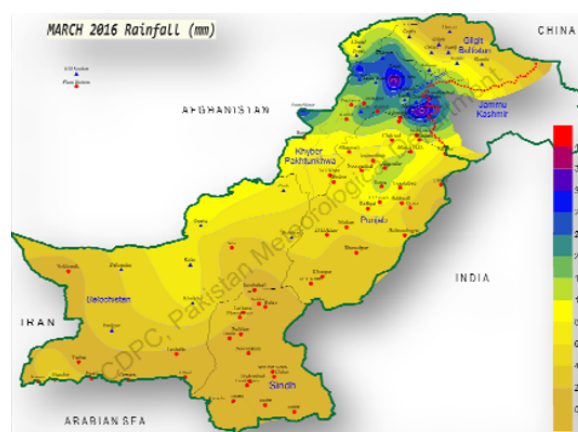


▲ 各省分之雨量距平百分比，其中又以旁遮普省 (Punjab) 最高達 144% (資料來源：PMD)

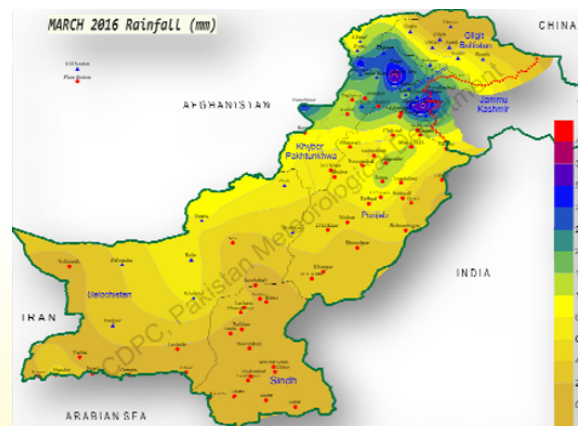
國雖約可分為四季，但是境內各地季節有差異，部分地區可能季節不分明，每年平均降雨量不到 250 毫米，四分之一的地區降雨量在 120 毫米。依據 World Bank 於 1990-2012 年之統計資料顯示，主要降雨為 7、8 月份，歷史月平均雨量分別為 51.6 毫米與 50.8 毫米。歷史月平均溫度最高在 6、7 月份，達 28°C 以上。

氣象與水文分析

巴基斯坦氣象局 (Pakistan's Meteorological Department, PMD) 在 4 月 1 日發佈「2016 年 3 月降雨報告」，PMD 表示 2016 年 3 月全國雨量普遍偏高，月累積降雨量超過正常值 82%，3 月的累積降雨量更是過去 55 年以來第五高的月降雨量，最大累積雨量發生在 Malam Jabba 雨量站 (392 毫米) 與 Rawalkot 雨量站 (391 毫米)。



▲ 2016 年 3 月實際降雨累積雨量分佈
(資料來源：PMD)



▲ 2016 年 3 月累積雨量距平百分比分佈
(資料來源：PMD)

災害衝擊概述

(一) 2016 年 3 月暴雨事件

3 月 9 日起暴雨事件頻傳，第一波強降雨發生在 3 月 11 日至 16 日間、第二波出現在 3 月 16 日至 19 日間。根據 PMD 最大 24 小時累積雨量分別發生在 3 月 12 日至 13 日：KP 省的 Dir (56 毫米)、旁遮普省的 Muree (54 毫米)。3 月 16 日至 17 日：KP 省的 Kakul (57 毫米)、旁遮普省的 Muree (51 毫米)。全國至少有 60 個地區經超過 3 月歷史正常累積雨量值，如 3 月 12 日至 19 日：AK&J 區的 Rawalakot (349.5 毫米)、3 月 11 日至 19 日：KP 省的 Malam Jabba (298 毫米)、3 月 1 日至 22 日：KP 省的 Dir (261 毫米)。上述雨量值皆遠高於歷史 3 月平均降雨量值。

3 月暴雨幾乎影響巴基斯坦全境，主要受災區域包括：旁遮普省、俾路支省、KP 省、FATA 區、AJ&K 區、GB 區，造成 141 人死亡、133 人受傷，1,058 建築物受損。其中，AJ&K 區建物受損最嚴重，有 770 間房屋損毀。

(二) 2016 年 4 月暴雨事件

4 月初 (4 月 2 日至 4 月 6 日) 的暴雨事件，主要影響 KP 省、GB 區與 AJ&K 區，洪水及崩塌災害

造成 92 人死亡、77 人受傷、約 1,209 棟房屋損毀，其中 KP 省為受災最嚴重地區，至少 65 人死亡、61 人受傷、929 棟房屋損毀。

(1) 開伯爾 - 普赫圖赫瓦 KP 省災情

KP 省中又以山格拉 (Shanlga)、科伊斯坦 (Kohistan)、斯瓦特 (Swat)、上第爾 (Upper Dir) 與白沙瓦 (Peshawar) 等地災情最嚴重。在 PMD 紀錄中，KP 省在 4 月 2 日至 3 日間至少有 4 個地區，出現有史以來最高的 24 小時累積雨量值，分別為：Kalam (62 毫米)、Malam Jabba (115 毫米)、Pattan (94.1 毫米)、Saidu Sharif (67.6 毫米)。山格拉至少有 14 人死亡、13 人受傷、26 棟房子受損。科伊斯坦河谷 Othar Nala 村在 4 月 4 日發生大規模崩塌災害，土體掩埋下方住戶，造成 23 人死亡、5 人受傷，當地官員表示暴雨造成災區道路中斷，因此機具難抵達現場進行搶救，救援行動於 4 月 9 日終止。另外，斯瓦特河河水暴漲造成 8 人死亡，居住在河邊的民眾已被緊急疏散撤離。4 月 3 日白沙瓦 Bara 河河水暴漲，沖毀河岸旁許多店家與一個市場。

▼ 2016 年 3 月 9 日至 3 月 29 日暴雨損失統計表 (資料來源：NDMA)

地區	死亡 (人)	受傷 (人)	房屋損毀 (棟)
旁遮普省	14	18	10
俾路支省	19	20	50
KP 省	56	39	163
FATA 區	38	48	61
AJ&K 區	13	8	770
GB 區	1	0	4
總計	141	133	1,058

▼ 4 月 2 日至 4 月 6 日暴雨損失統計表 (資料來源：NDMA)

地區	死亡 (人)	受傷 (人)	房屋損毀 (棟)
KP 省	65	61	929
GB 區	15	7	173
AJ&K 區	12	9	107
總計	92	77	1,209

(2) 喀喇崑崙公路災情

喀喇崑崙公路（Karakoram Highway，以下簡稱 KKH），又稱中巴國際公路或帕米爾公路，為連接中國大陸西部與巴基斯坦的公路，北起中國大陸新疆省喀什（Kashi）市，經過中巴邊境紅其拉甫山口（Khunjerab Pass），南到巴基斯坦北部城市塔科特（Thakot），全長 1,224 公里，有 2/3 在巴基斯坦境內。

KKH 在 4 月 2 日封閉通行，因為在 4 月 2 日至 6 日間，KKH 至少發生 175 處邊落石坍方意外，嚴重阻斷通行。居民、外國觀光客及當地旅行團因此受困於山中，皆由軍方直昇機進行救援，軍方共動員 600 多人力進行道路搶通。

GB 省 KKH 穿越 Attabad 崩塌隧道段，在 4 月暴雨中遭土石掩埋破壞。Attabad 崩塌是 2010 年發生的大規模的岩屑流（rock avalanche）災害，崩塌體積約為 2,300 萬立方公尺，掩埋 Attabad Payeen 村，造成 19 人死亡，阻斷 KKH 長達 3 公里，造成當地 25,000 人對外聯繫中斷。

目前 KKH 大部分路段的落石崩塌已清除，除了幾處崩塌規模較大者，如：KP 省 Chuchang 地區以及 Kiyal 地區的崩塌，要恢復這些路段交通將會是非常艱鉅的任務，但若 KKH 繼續封閉卻會對當地民生造成更大的衝擊，如停電、食物與燃料短缺。且最大的影響是山崩破壞了當地的灌溉系統，而根據當地報導表示，GB 省的民生用水以及農地灌溉，是挖掘脆弱山區中的冰水，再引到聚落。而這些引水道，現在被崩塌嚴重破壞，威脅到上千的居民與農民。

對於 3、4 月一連串的暴雨災害，巴國總理納瓦茲·謝里夫（Nawaz Sharif）已要求 NDMA 及相關部門進行緊急救援，提供災民食物、醫療服務與收容場所。



▲ 山格拉山洪爆發，洪水溢淹至橋面狀況
（資料來源：PDMA）



▲ 科伊斯坦河谷山崩照片（資料來源：PDMA）

巴基斯坦防災作為

在今年洪災發生前，PMD 於 3 月 18 日發佈「2016 年春季與初夏氣候報告」中說明：『評估目前的海洋、大氣及地表環境條件，不穩定的天氣狀況會持續到今年 5 至 6 月份，直至聖嬰現象（ENSO）趨於正常』。以下為氣候預報重點：

- (1) 3、4 月份之降雨會比以往多，且頻繁發生的暴風雨與冰雹災害，會影響到小麥、棉花的收割與脫殼作業。
- (2) 5、6 月上旬溫度偏乾熱，平原與海岸地區熱浪發生機會增加，熱浪將影響人多擁擠的城市中心且需注意缺水或斷電會使災情加劇。
- (3) 當 GB 區或 KP 省發生熱浪，會加速當地冰川融化，使得冰湖水量暴增、發生淹水災害，亦即 Glacier Lake Outburst Flooding, 以下簡稱 GLOF。
- (4) 由於目前溫度急遽加熱，預估 2016 年季風將於 6 月下旬發生。

巴基斯坦官方當時也配合 PMD 春季跟初夏季氣候報告內容，提出 2016 之國家層級應變指導策略，綜整內容如下：

- (1) 重申 2015 年季風檢討會議重點：
 - a. PDMA 需備足緊急救難基金。
 - b. 繪製行水區遭民眾佔用圖層，並規劃該區人民之疏散避難計畫。
 - c. 分析每條河流之降雨與淹水尖峰的延遲時間。
 - d. 修復防洪與基礎設施。
 - e. 在 KP 省、GB 區需購買足量的活動便橋，以備救災使用。
 - f. 建議在 Mithankot 市以及薩特萊傑河（Sutlej River）等印度河上游地區，放置量測監控水位的儀器，減少下游淹水機會。
 - g. PDMA 需與巴基斯坦軍隊提前進行防災協調會議，討論救災方式以及資源分配應用。
- (2) 洪災保護與修復工程，須於 2016 年 5 月 31 日

前完成，即在齋戒月開始前完成，2016 年齋戒月日期為 6 月 6 日至 7 月 4 日。並注意，今年雪季較短，溫度突然上升及融冰量的增加，會導致河川入水量增加，將會阻礙工程進行。

- (3) 今年季風會提早來臨，將會壓縮季風防災活動的準備時間，故社區防災宣導活動，應提早開始。確認有針對弱勢團體進行防救災計畫，並在 6 月前備齊足量之減災與救災物品。
 - (4) 進行都市防洪減災措施：排水系統疏濬清淤，確定污水處理站、大型抽水機、備用發電機以及供水系統正常操作。
 - (5) 聖嬰現象影響下，異常降雨將造成山洪爆發或河流流量增加，除監測河流水位外，水壩放流管理需預先評估可能增加的水量，進行調節工作。
 - (6) 在 KP 省及 GB 區的易致災山區，預先協調進駐推土機機具。
 - (7) 進行 GLOF 的預警系統操作以及防災演練，尤其 KP 省與 GB 地區需特別注意。以下為 GLOF 的減災措施：
 - a. 繪製冰湖災害的潛勢地圖，量測聚落跟冰湖間的距離，並規劃影響區民眾的緊急疏散撤離計畫。
 - b. 持續監控冰河流量以及冰湖水位變。
 - c. 監控可能會影響冰湖之山崩地區，或立即移除已發現的山區及岩石裂縫。
 - d. 在 GLOF 易致災區進行模擬演習。
 - e. 進行 GLOF 的減緩和調適策略，減少冰湖淹水造成的災害風險。
- 在 2016 年季風季來臨造成更大規模災害前，盡快完成 3 月至 4 月初暴雨災害的復原與重建，並確實執行上列災害應變指導策略，完成減災、整備業務，減低災害造成的人命傷亡及財產損失。

▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊

斯里蘭卡崩塌災害

2016 年 5 月斯里蘭卡受到的熱帶風暴 Roanu 的影響，15 日開始降雨，最大日雨量出現在 5 月 16 日的 Kilinochchi 地區達 373.3 毫米，造成大範圍的淹水以及多處崩塌，主要災害持續長達一週。截至 5 月 26 日，聯合國人道事務協調廳 (UNOCHA) 的統計顯示：淹水與崩塌災情造成 104 人死亡及 99 人失蹤，估計約有 30 萬人受到影響，共計 623 間房子全毀，4,414 間房舍遭到破壞，同時仍有許多山區都存在著崩塌的風險。

災害衝擊概述

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 133 期 2016 年 8 月出刊

本次最嚴重的災害事件發生於 Kegalle 省境內 Aranayake 鎮的 Samsara Kanda 山區，在 5 月 17 日下午 4:30 至 5:00 之間邊坡發生大崩塌，塊體移動的最長距離約 2.26km，崩塌面積約 56 公頃，影響 Siripura、Pallebage、Elagapitiya 等三個村莊，由於熱

帶風暴 Roanu 帶來的豪大雨，使得崩塌的大量材料轉變成快速流動的土石流、泥流，衝擊邊坡下方東北側的 Pallebage 村落，部分區域被大量土石夷為平地，約 110 棟房舍全毀，17 號當天已證實 48 人死亡，尚有 96 人失蹤。

災害環境說明

Aranayake 崩塌本身的地質環境條件不佳，當地曾為古山崩發生位置，根據國家建築研究組織 (National Building Research Organisation, NBRO) 的地質學家現場調查顯示，此崩塌源頭十分陡峭，岩盤上覆蓋著過去舊崩塌所留下的厚崩積層，大大小小的岩塊散落其中，此區域的基岩屬於高度變質的片麻岩，有兩組明顯的垂直節理存在，調查評估此處具有極高的崩塌風險，此次的崩塌冠部即在 NBRO 所圈繪的高山崩潛勢範圍內。Kegalle 區域的地形屬於丘陵及山區，平坦的地方非常少，NBRO 已經在此區定義出 20 個高山崩潛勢的區域，初步估計至少有 610 戶家庭需要搬遷，但是如何找到安全適合的居住地是政府單位目前最頭痛的問題。另外，在沒有相對應的政策下，民眾在邊坡上開發與建築，種植了許多淺根性的出口

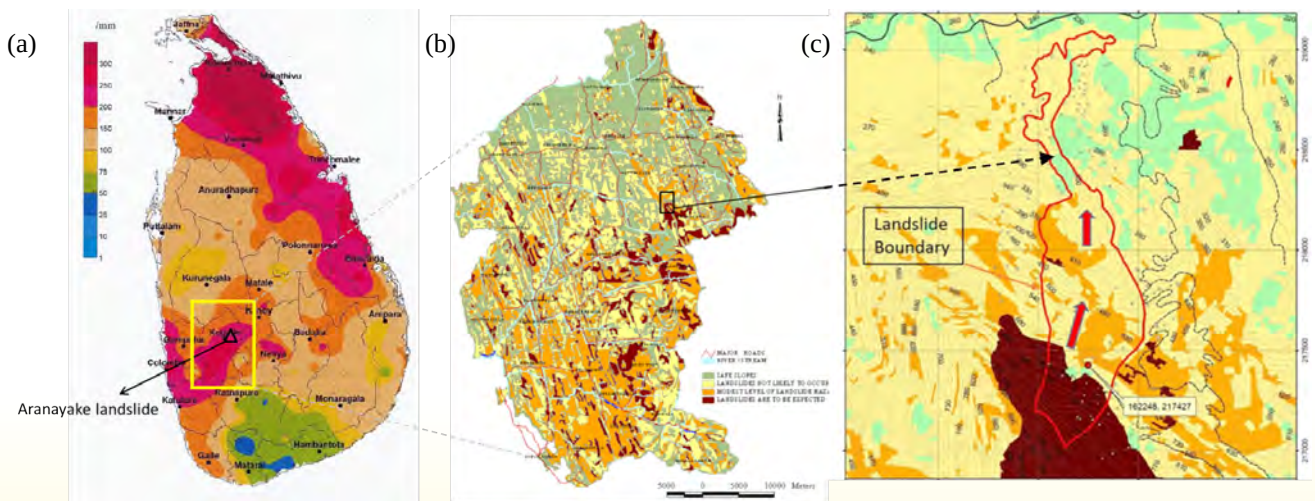
作物，尤其是茶葉，不但無法加強土壤的穩定度，更使得雨水容易滲入土中，而發生崩滑，多餘的水分還會滲入岩盤節理間，導致岩塊沿著節理面滑動或翻覆。



▲ 熱帶風暴 Roanu 影響歷程與災情概要
(災防科技中心整理)

降雨說明

由熱帶風暴所帶來的大雨是觸發此山崩的主要原因之一，距離災點約 80 公里的首都可倫坡 (Colombo) 五月平均累積雨量為 392 毫米，而僅在四天內 (5 月 14 日 - 5 月 17 日) 自動雨量計測得的累積雨量高達 435 毫米，其中 14 日至 15 日兩天的累積雨量，山崩區域累積雨量約 250 毫米 - 300 毫米，快要達到當月的月平均累積雨量。



▲ (a) 5 月 14 日至 15 日斯里蘭卡累積雨量分布圖，降雨主要集中在東北處及西南處，圖中標示三角形為此次嚴重山崩發生位置 (資料來源: Department of Meteorology); (b) 為 Kegalle 省山崩潛勢圖; (c) 本次 Aranayake 崩塌即位於高山崩潛勢地區，本次崩塌冠部寬約 345-350 公尺，深度約 50-75 公尺，最寬的區域約 600 公尺 (資料來源: NBRO)

災害特性討論

國家建築研究組織 (NBRO) 從 1985 年開始調查斯里蘭卡的潛在崩塌，透過野外資料的蒐集、分析可能的致災因子、評估相關的山崩風險，NBRO 繪製該國十個行政區的山崩潛勢地圖，近來也已經開始著手利用自動雨量計及地表觀測等監測資料，期望能發展崩塌預警機制，以降低山崩所帶來的生命財產損失。然而，儘管 NBRO 早已表示 Aranayake 山崩區域為非常高的災害潛勢地區並不適合居住，但並沒有配合行動或政策來降低此區所面臨的風險及可能造成的傷亡。由於 NBRO 屬於研究組織，其僅能定義可能致災的坡地位置，及建議與提醒居民搬離，但並沒有強制居民離開的權力，必須仰賴相關的政府組織進行配套

措施，而政府單位間協調能力的缺乏，僅有部份潛勢區域有做坡地整治，如斯里蘭卡的 Nuwara Eliya 山區已有建立一些水平的溝槽與管線進行邊坡的排水，利用工程上的方法加強邊坡的穩定度，但多數已知的高山崩潛勢區都尚未有相關的減災策略擬定。

斯里蘭卡在 2014 年 10 月距離此次崩塌東南方約 80 公里處的哈德穆拉村 (Haldummulla) 內也因大雨發生致命的崩塌事件 (2014 天然災害紀實)，斯里蘭卡政府要如何面對可能發生的災害，擁有正確的應變管理知識與相關準備，以及教育崩塌潛勢區內的居民具備基本判斷能力並能預防性自行疏散，是非常重要的。



▲ 照片來源：EPA/ 典匠資訊



中國大陸 長江中下游流域洪水災害

地理環境

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 139 期 2017 年 2 月出刊

(一) 長江中、下游流域

長江中、下游流域包括：三峽大壩庫區至長江口，流域面積約 77.2 萬平方公里，包含 10 個省份，地勢高程約 50 公尺左右，多以丘陵與平原為主，河網縱橫，湖泊密度高，是中國湖泊最多的地方，其中較大的湖泊就有 1,300 餘個，此區屬亞熱帶季風氣候，一直以來洪旱災害發生頻率高。

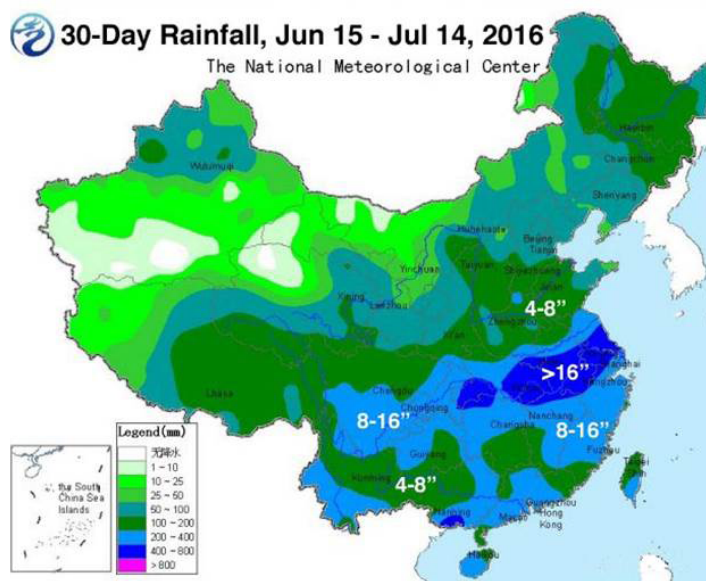
(二) 舉水河

舉水河位於湖北省東北部，發源於黃岡市麻城市的棋盤石，屬於長江支流，為本次洪災潰堤的主要河川。上游稱作福田河，在黃岡市團風縣處注入長江，全長 165.7 公里（長度介於臺灣高屏溪 171 公里與淡水河 159 公里之間），河流沿線的城市有黃岡市、麻城市、武漢市及新洲區。

▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊



▲ 湖北省武漢市長江流域中下游範圍、三峽大壩及舉水河等位置圖 (資料來源：Google earth)



▲ 2016 年 6 月 15 日至 7 月 14 日中國大陸累積降雨分布圖 (資料來源：大陸中央氣象台)

氣象及水文特性分析

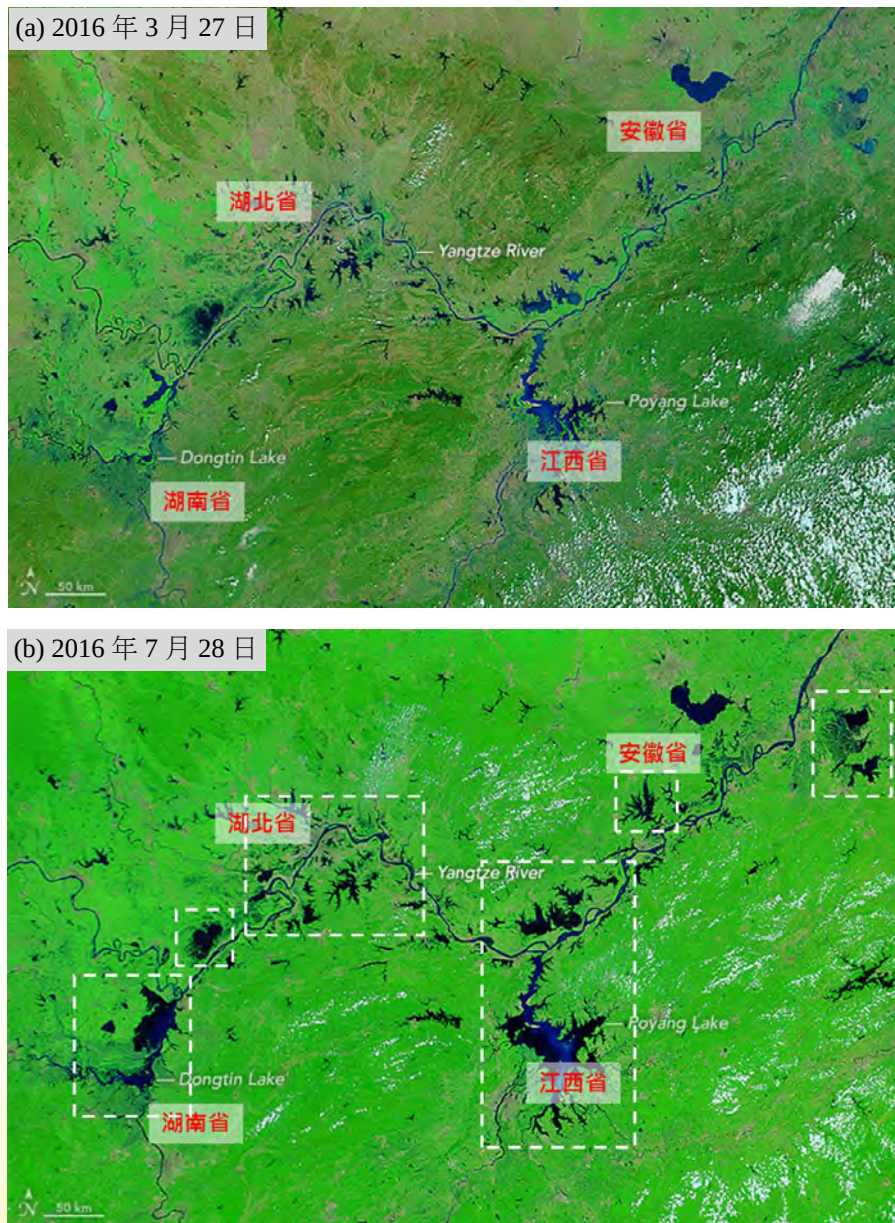
此次強降雨主要是冷、暖空氣交會所致，由於 6 月下旬江淮地區屬於梅雨季節；一方面，尼伯特颱風間接影響後，又有來自南海的季風與來自孟加拉灣的南亞季風北上，兩股季風在副熱帶高氣壓帶西側匯合，形成低空急流並向北不斷輸送水汽；另一方面，來自北方的弱冷空氣南下，因副熱帶高氣壓帶較穩定，這一冷一暖的空氣勢均，因此長江中、下游沿長江地區到淮河一帶交匯後形成了穩定而持續的雨帶。

湖北武漢是此次主要降雨地區。測得最大時雨量武漢東方西湖柏泉達 78.7 毫米，而最大 6 小時累積雨量亦超過 220 毫米，其中 24 小時累積雨量發生在 7 月 4 日 20:00 至 7 月 5 日 20:00，累計 241.5 毫米，屬於大陸氣象局雨量分級中的大暴雨 - 特大暴雨等級，超過武漢平均月雨量 (7 月月累積平均 191.12 毫米)。而從 6 月 15 日至 7 月 14 日共 30 日，長江流域月累積雨量約 400-800 毫米皆超過過去歷史紀錄。

洪災影響探討

由美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 2016 年 3 月 27 日衛星影像與 7 月 28 日洪災發生後之影像比較，災後無論在河道寬、湖泊面積都比災前擴大且嚴重。長江流域在豪雨過程中，部分河道溢、潰堤，分別為：位於湖北武漢舉水河 7 月 1 日潰堤 70 公尺寬，造成六個村約 1.2 萬人緊急避難；7 月 1 日晚間，舉水河柳子港水位站 33.35 公尺，已超過保證水位 0.24 公尺，並

在晚間 22 時 30 分達到最高峰 33.58 公尺，隨即水位下降。武漢氣象中心表示：洪峰發生前六小時，降雨量約 220 毫米以上，而持續的降雨造成洪水不退的情況。大型湖泊紛紛超過警戒水位，分別：太湖超過警戒水位 0.98 公尺、洞庭湖超過警戒水位 0.87 公尺，而鄱陽湖超過警戒水最多約 1.72 公尺；大型水庫水位部分：三峽水庫超過水位 6.7 公尺，雖然水位超過警戒水位，而洪水範圍隨著洪水疊加效應一直擴大。

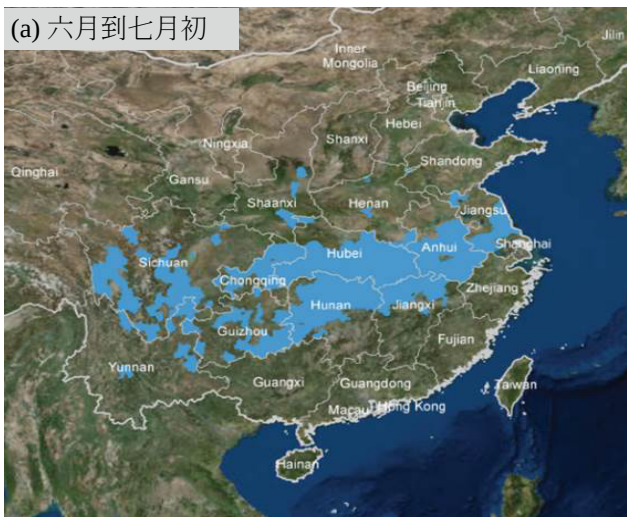


▲長江流域 (a) 災前及 (b) 災後衛星影像比較圖，從圖中可以看出河道、湖泊都呈現擴大狀態 (資料來源：NASA)

此次強降雨帶來的洪災主要集中在 6 月 30 日至 7 月 16 日期間，共造成 184 人死亡，受災人口約三千萬人，199.3 萬人撤離安置，47.1 萬棟房屋全、半毀，農作物受災面積約 416.7 萬公頃（相當 9 個嘉南平原

面積）。除了生命財產損失外，還造成九條鐵路因部分路段嚴重淹水而中斷。另外，水利設施受損情況，大、中型水庫受損共四座，小型水庫受損 403 座，2 座小型水庫潰壩。

(a) 六月到七月初



(b) 七月中至七月底



▲ 大陸二波豪雨造成洪災位置圖 (Aon Benfield Analytics) 此次二波的強降雨造成的洪災，由圖可發現從一開始的長江中、下游流域，到第二波轉移至華北地區

災害特性與借鏡

中國大陸長江流域的洪災發生頻率，隨著人口增加，行水區和蓄洪用地減少，而逐年提高。人類透過工程手段預期達到蓄洪及減災功能，但即使建造水利工程，仍無法杜絕洪災所帶來的衝擊。初步探討當地近期洪災發生的主因，大多是強降雨超過歷史記錄或水工構造物設計標準。以本次事件為例，洪災主要發生在三峽大壩下游，亦即有高設計標準，工程設施僅能處理設計範圍內的問題，即使建造眾多的水利設施，仍會出現防汛缺口。

▲ 豪雨造成洪水災害照片

（資料來源：中華人民共和國民政部）



日本 獅子山颱風

災害概述

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 136 期 2016 年 11 月出刊

8 月 30 日，日本岩手縣小本川因為獅子山颱風影響，河川水位暴漲，漫淹周邊地區，包括樂ん樂ん高齡安養中心及岩泉老人長期戒護中心。其中樂ん樂ん高齡安養中心 9 名老人因此喪生，而岩泉老人中心幸運地移到三樓等待救援躲過危機。依據日本消防廳統計：共發佈了 1,467 人避難的指示、3.9 萬人的避難勸告，而災情大多集中在北海道與岩手縣。

其他災害統計：共發生 160 起土石流，16 起崩塌，多起河川潰堤及河水掏刷、溢淹之災害。其他衝擊影響方面，部分地區水電中斷、通訊中斷、道路中斷，鐵路停駛；由於 10 號颱風在東北地區登陸，東北和北海道地區共取消 100 個航班。另外，在 311 東日本大震災時損毀的福島第一核電廠，在此次為了避免危險性增加，暫停所有的工作操作。

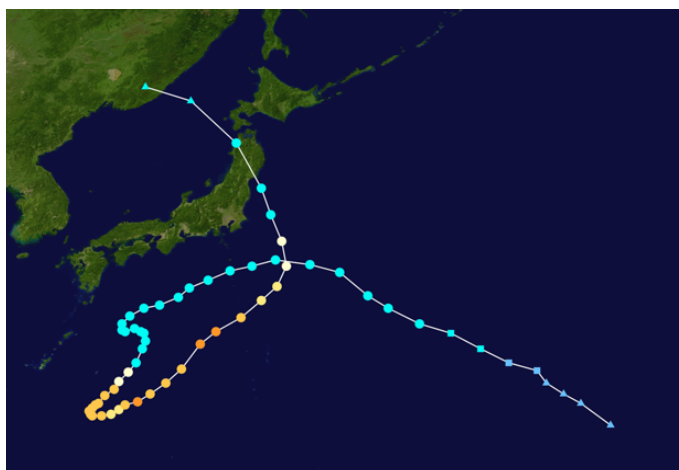


▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊

氣象及水文特性分析

第 10 號颱風「獅子山」(Lionrock) 於 8 月 19 日在日本近海生成往南移動，8 月 29 日再由琉球群島東側海域北上，路徑罕見，30 日接近關東地區，並於 30 日下午 6 時由岩手縣大船渡市附近登陸，伴隨著強風、豪雨與長浪，雖然行走速度快，但仍造成東北地區發生嚴重傷亡災情。獅子山颱風是日本氣象廳統計自 1951 年以來，第一個由東北地區登陸之颱風，也是 2011 年 311 東日本大震災後，東北地區遭受較嚴重的颱洪災害。

獅子山颱風主要影響日本北海道與本州東北地區。短延時強降雨主要集中在高知縣、岩手縣與東京都，其中，岩手縣宮古市與久慈市時雨量超過 80 毫米，而傷亡慘重

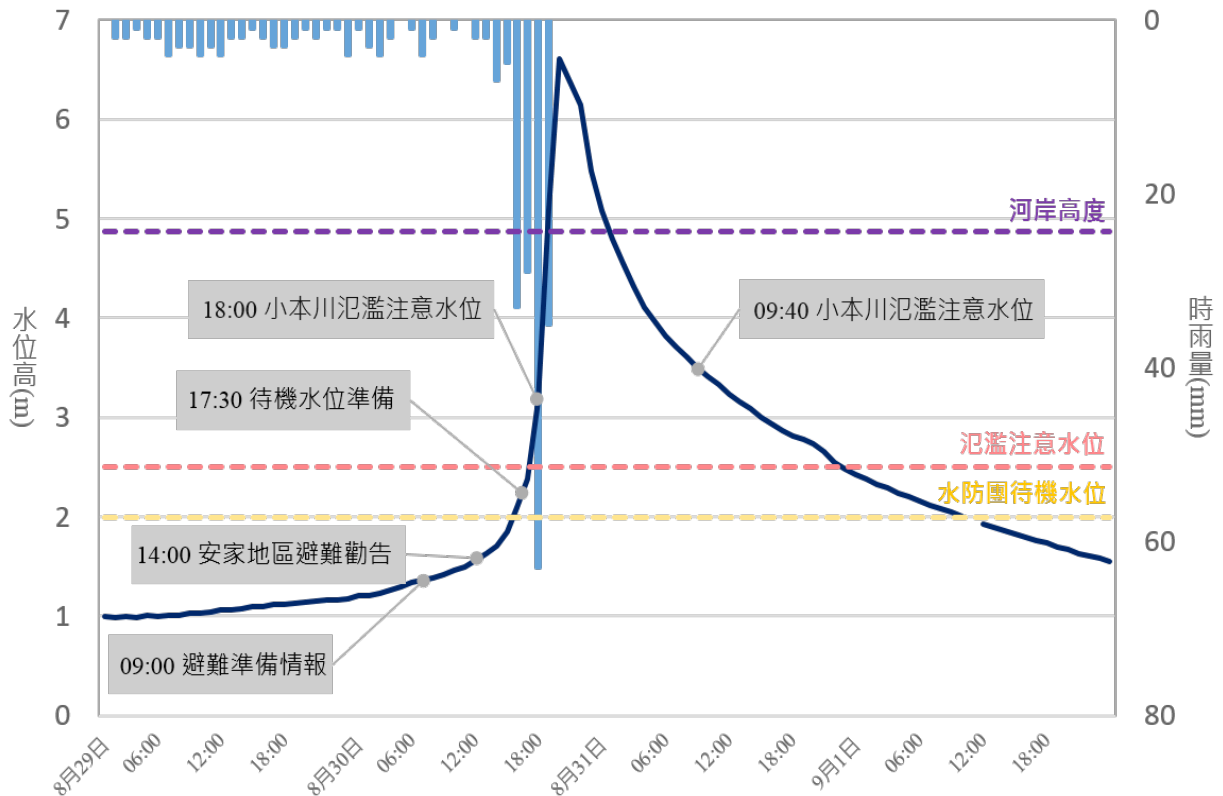


▲ 第 10 號獅子山颱風路徑圖 (資料來源 :NASA, NOAA)



▲ 岩手縣延泉町空照圖，圖中紅色標註為樂ん楽ん高齢安養中心，綠色標註為岩泉老人長期戒護中心 (資料來源 : Google earth)

的岩手縣岩泉的最大時雨量約 70.5 毫米。整場事件累積降雨最大地區為北海道ぬかびら源泉鄉地區 (355 毫米)，其餘地區整場雨量也大約為 200-300 毫米，整場降雨已超過該地區八月平均降雨 (岩手縣平均 128.5 毫米、北海道平均 280 毫米)。



- ▲ 岩泉町降雨與小本川赤鹿橋水位變化關係，從圖中可以看到在河川水位接近水防團待機水位前，政府發布「避難準備情報 (09:00)」及「安家地區避難勸告 (14:00)」，隨著水位逐漸抬升，陸續發布「待機水位準備 (17:30)」及「小本川氾濫注意水位 (18:00)」(資料來源：災防科技中心繪製)

小本川下游赤鹿橋水位站 (位於樂ん樂ん高齡安養中心下游約 3.5 公里) 8 月 30 日 18 時起河川水位快速抬升，至 20 時至最高水位 6.6 公尺，超過河岸高度 4.87 公尺約有 5 小時，漫淹周邊，直至 31 日 0 時水位稍歇下降。

個案探討

岩手縣岩泉町乙茂「樂ん樂ん」高齡安養中心，成立於 2011 年，主要收容失智老人為主，2016 年收容人數為 9 人，入住率 100%，其相關醫護人員共有全職 6 人、兼職 2 人。地理環境部分，此安養中心為木造房屋，樓層一樓高。由 Google 影像可知，安養中心位在小本川行水區旁。此外在「樂ん樂ん高齡安養中心」旁，另有 2000 年成立，可容納 85 人的「岩泉老人長期戒護中心」，共有三層樓高。其中，樂ん

樂ん高齡安養中心僅有一層樓高，疏散撤離不及，收容的 9 位高齡者，全數罹難。而岩泉老人長期戒護中心住戶，在水淹二樓時撤離至三樓等待救援。

日本衛生福利部認為老人高齡化危機倍增，因此於 1989 年訂立「老年人健康和福利 10 年戰略」，10 年內推動養老院特殊老人 24 萬床、一般養老 36 萬床之目標，因此每個縣市積極成立養護機構，無論是市中心還是郊區。然而，在 1999 年廣島縣吳大大規模崩塌災害，造成安養護理機構 32 人死亡、2009 年日本中國和九州北部暴雨，使得高砂特別養護老人院，在山洪暴發影響下造成 7 人死亡，以及 2010 年奄美大暴雨，鹿兒島縣奄美地區水淹一層樓高，使得養護機構疏散避難不及，造成 2 人死亡。在廣設養護機構成立之後，卻發生機構遭受坡地災害或洪水災害之侵襲，值得作為後續政策之修正。

▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊



中美洲 厄爾颶風

災害概述

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 138 期 2017 年 1 月出刊

厄爾 (Earl) 颶風於 2016 年 8 月 2 日在牙買加 (Jamaica) 西南方海面上生成，為 2016 年大西洋颶風季節的第二個颶風。厄爾颶風形成後持續向西移動，橫掃宏都拉斯北部海岸。厄爾颶風於 2016 年 8 月 4 日登陸貝里斯貝里斯市 (Belize City) 前增強為一級颶風，之後持續往西移動經過猶加敦半島 (Yucatán Peninsula) 時減弱為熱

帶風暴，並於 2016 年 8 月 6 日在墨西哥韋拉克魯斯州 (Veracruz) 二次登陸後減弱為熱帶低壓。厄爾颶風為自 2005 年史坦 (Stan) 颶風衝擊墨西哥後最致命的大西洋颶風。根據統計，厄爾颶風造成貝里斯、多明尼加、瓜地馬拉、墨西哥及宏都拉斯等國家共 67 人死亡與 12 人失蹤，財產損失超過 2 億 5 千萬美元 (相當於台幣 80 億)。

▼ 厄爾颶風災情統計 (資料來源 :Hurricane Earl (2016)- Wikipedia)

地區	死亡 (人)	失蹤 (人)	財產損失 (美元)
貝里斯	0	0	1.1 億
多明尼加	13	0	N/A
瓜地馬拉	0	0	0.08 億
墨西哥	54	10	≥1.32 億
宏都拉斯	0	2	N/A
總計	67	12	≥2.5 億

氣象分析

厄爾颶風於 2016 年 8 月 2 日在牙買加西南方海面生成，在登陸貝里斯前增強為一級颶風 (Category 1 Hurricane)，並於 2016 年 8 月 4 日登陸貝里斯貝里斯市，厄爾颶風是 2012 年以來第一個登陸貝里斯的颶風。之後厄爾颶風在陸地上持續朝西前進，並減弱為熱帶風暴 (Tropical Storm)，並於 2016 年 8 月 6 日在墨西哥韋拉克魯斯州南部二次登陸，在登陸後不久便減弱為熱帶低壓 (Tropical Depression)。厄爾颶風沿路經過宏都拉斯北部海岸、貝里斯、瓜地馬拉及墨西哥，並在墨西哥南部降下豪大雨。



▲ 厄爾颶風路徑圖 (資料來源 :The Weather Channel)

災情描述

(一) 多明尼加、宏都拉斯及瓜地馬拉

厄爾颶風初期還是熱帶擾動時就給多明尼加帶來強風及暴雨，在納瓜市 (Nagua) 附近的北部海岸，強風摧毀電力系統，這起事件引發了大火，並造成 6 人死亡及 12 人受傷。一艘載著 9 名遊客的小船在山美納灣 (Samaná Bay) 翻覆，僅有 1 位女士及船長被發現還活著，其他 7 名遊客則罹難。

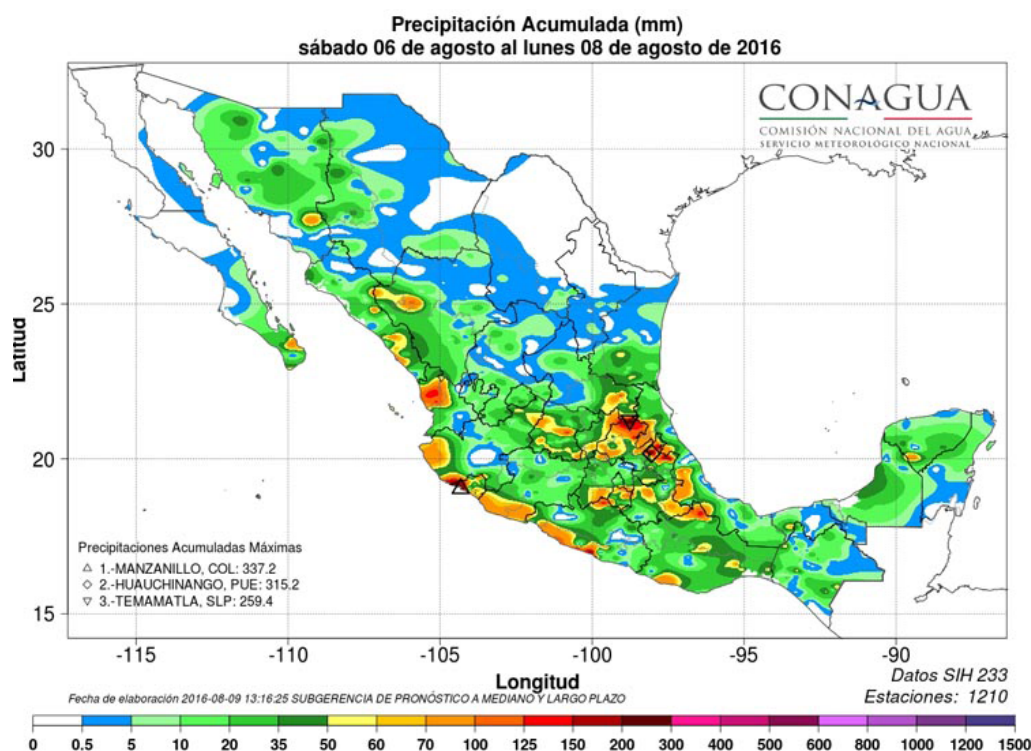
一艘捕龍蝦的漁船無視熱帶風暴警報，在宏都拉斯北部近海翻覆，船上有 83 人，並有 2 人失蹤。

在瓜地馬拉，厄爾颶風於 2016 年 8 月 3 日晚上至 8 月 5 日，在該國北部貝登省 (Petén Department) 梅爾喬德門科斯 (Melchor de Mencos) 地區總降雨量達到 177 毫米，在貝登省的首府弗洛雷斯 (Flores)，總降雨量則達到 146 毫米，暴雨造成樹木傾倒及河川水位高漲，並損毀梅爾喬德門科斯地區的橋樑，暴雨並損毀

了弗洛雷斯 2 個重要的電力系統，這是貝登省重要的電力系統，造成 63,000 人無電可用。在 200 個農場遭受的損失中，其中 162 間房屋及 1,250 英畝 (510 公頃) 的農作物損壞，全國各地總共 1,046 人受災，其中 500 人無家可歸。

(二) 貝里斯

在總降雨量 230 至 300 毫米及暴潮的組合下，造成貝里斯中部及北部沿海地區的洪水災情。在風暴期間，除了貝里斯國防軍之外，城市緊急管理組織 (City Emergency Management Organization) 執行了超過 100 個的搜救請求。卡約區 (Cayo District) 山洪爆發，迫使更多居民撤離。風雨過後，河川及水壩維持高水位時間長達一周。颶風帶來的強風導致廣泛的基礎設施破壞，影響電力供應、交通運輸及住家毀損 (當地大多房子為木頭建造)。風暴期間沒有失去電力供應的



▲ 墨西哥 2016 年 8 月 2 日至 6 日累積降雨 (資料來源：Floodlist)

地區，僅有貝里斯北部的部分區域。受災地區的交通要道被大量的土砂堵塞，聖伊格納西奧 (San Ignacio) 地區的橋樑也遭到破壞。聖佩德羅鎮 (San Pedro Town) 外島，風暴重創了該地的旅遊業，如碼頭及潛水商店被破壞。在貝里斯區 (Belize District) 的房屋約有 80% 遭受淹水災害，其中位於貝里斯區內的貝里斯市就有超過 1,000 人流離失所，並且共有 13 個避難處所人滿為患。在貝里斯市，風暴期間所有的電力及通訊中斷，使得城市的狀況很難傳達到外面的世界。總損失以貝里斯中部及西部地區最為嚴重，其中包括好幾處河流潰決。初步調查顯示，厄爾颶風在貝里斯摧毀約 2,000 棟房屋，受災人數約 10,000 人。全國農業損失估計超過 1 億美元 (相當於台幣 32 億)，整體損失估計約為 1 億 1 千萬美元 (相當於台幣 35.2 億)。

(三) 墨西哥

厄爾颶風及大規模低層氣旋環流之間的相互作用，在墨西哥南部產生驚人的暴雨，從 2016 年 8 月 2 日至 8 月 6 日實測累積降雨可以發現，前 3 名皆在普埃布拉州 (Puebla)，分別為 Cuetzalan 地區 365 毫米、Huauchinango 地區 358 毫米及 Mazatepec 地區 326 毫

米。另外，在韋拉克魯斯州 (Veracruz) 的 Martinez de la Torre 地區，在 2016 年 8 月 5 日至 8 月 6 日則測到 24 小時 198 毫米的驚人暴雨。

洪水及山坡崩塌嚴重，損壞普埃布拉州及韋拉克魯斯州山區與偏遠地區的道路，迫使 1,700 個家庭離開他們的家園到避難處所。在普埃布拉州，暴雨毀壞兩座橋樑，並損壞幾條高速公路，普埃布拉州北部因為山坡崩塌，導致一些房屋被覆蓋，造成 Huauchinango、Tlaola、Xicotepéc 等地區共有 41 人死亡，10 人失蹤。在韋拉克魯斯州，洪水及山坡崩塌損壞 6,300 住家及 26 條道路，受災人數約 32,500 人，並造成 Xapala、Coscomatepec、Tequila 等地區共有 13 人死亡。在韋拉克魯斯州南部及中部地區，計有 18 個村莊因洪水而成為孤島，66 所學校受到不同程度的損害。在瓦哈卡 (Oaxaca) 州，崩塌損壞 350 個住家、封鎖道路、切斷電力及水供應。

墨西哥南部山區因暴雨造成山坡崩塌，在普埃布拉州及韋拉克魯斯州總計造成 54 人死亡，其中包括 18 名兒童。因此，厄爾颶風為自 2005 年史坦颶風衝擊墨西哥後最致命的大西洋颶風。

▼ 照片來源:EPA/ 典匠資訊



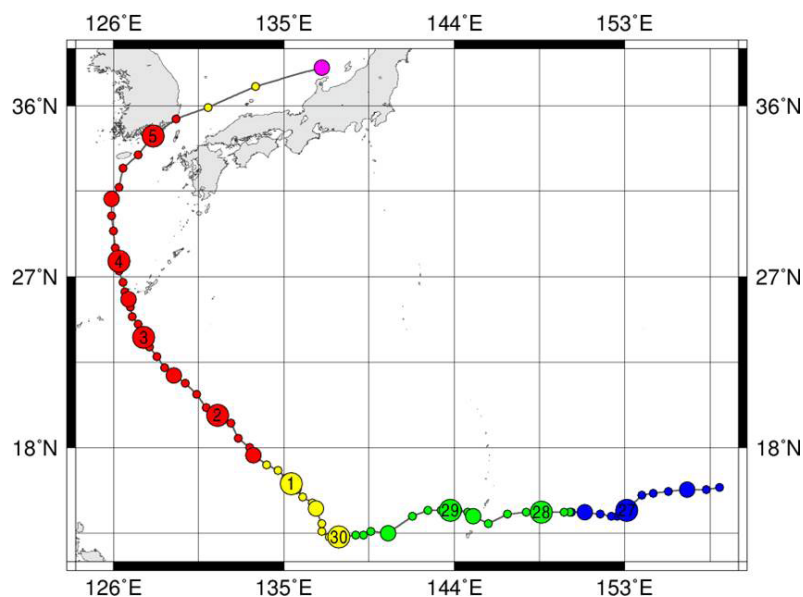
南韓 芙蓉颱風

災害概述

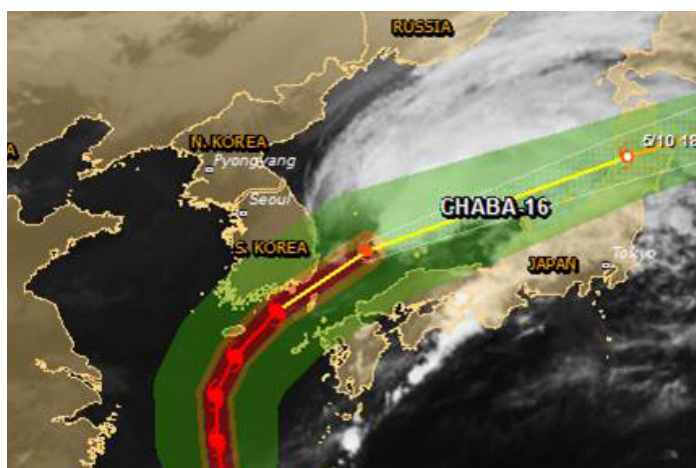
註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 137 期 2016 年 12 月出刊

2016 年 10 月 5 日清晨，西北太平洋編號第 16 號的芙蓉颱風 (Chaba) 襲擊南韓南部沿海各城市。芙蓉颱風是繼 2012 年珍珠颱風 (Sanba) 後，第二登陸南韓的颱風。芙蓉颱風所夾帶的強風豪雨，造成包括：第二大城市釜山廣域市 (BusanGwangyeoksi)、工業重鎮蔚山廣域市 (Ulsan Gwangyeoksi) 以及度假勝地濟州特別自治道 (濟州島, Jeju) 等蒙受嚴重的災害損失。芙蓉颱

風由生成到結束，整個歷程的最大風速為每小時 269 公里 (km/hr)，以薩菲爾 - 辛普森颶風等級 (Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale) 相當第五級颶風。南韓公共安全與防衛部 (Ministry of Public Safety and Security, Korea) 表示，共有七個人死亡，四個人失蹤，超過 300 間房屋損毀，二十萬戶停電。數以百計的飛機班次受到影響，南韓機場官員表示，僅釜山市的金



◀ 2016 年芙蓉颱風路徑圖 (圓圈中數字代表 9 月底至 10 月初日期，薩菲爾 - 辛普森颶風等級以顏色表示，藍色：二級；綠色：三級；黃色：四級；紅色：五級) (資料來源：Digital Typhoon)



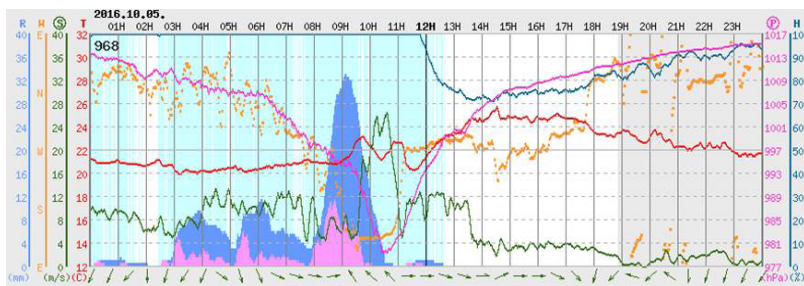
◀ 評估受 2016 年芙蓉颱風風力影響範圍。綠色表示風速超過每小時 64 公里的範圍，橘色表示風速超過每小時 92 公里的範圍，紅色表示風速超過每小時 120 公里的範圍，由圖可看出，南韓的釜山市、蔚山市以及濟州島均位於紅色區塊內，亦即可能為受颱風風暴潮與巨浪侵襲之高風險區域 (資料來源：歐盟聯合研究中心 Joint Research Centre, JCR)

海機場 (Gimhae Airport) 就有超過 80 個航班因芙蓉颱風取消，南韓高速子彈列車 (Korea Train eXpress, KTX) 在南部的營運服務也因颱風中斷。根據南韓英文時報 (The Korea Times) 於 2016 年 10 月 8 日的報導中陳述，南韓七家保險公司報告指出，芙蓉颱風所造成之經濟損失粗估約 1,830 萬美元，而南韓國防部在颱風過境後也動用 1,200 士兵與當地義工一同協助災區進行清掃與復原的工作。

氣象水文分析

根據南韓氣象廳 (Korea Meteorological Administration, KMA) 與世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 以衛星微波與觀測資料分析後顯示，芙蓉颱風為南韓所帶來之 24 小時

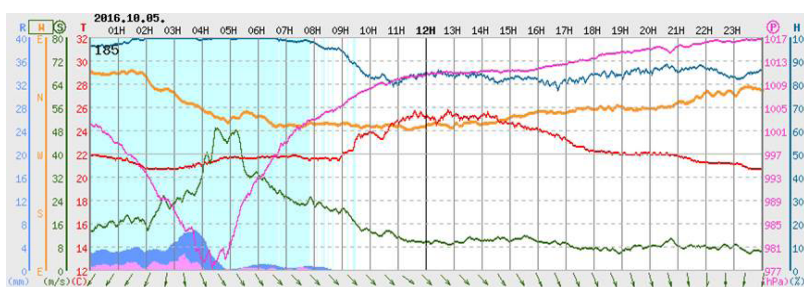
(2016 年 10 月 4 日至 5 日) 最大累積降雨量為西歸浦市的 286 毫米，而蔚山市的降雨強度更達到每小時 139 毫米。整體而言，芙蓉颱風為南韓所帶來的降雨並非異常的高，然而，南韓沿岸城市的淹水狀況卻十分嚴重。其中，海水越堤為海岸溢淹的主要致災原因。芙蓉颱風於濟州島以及蔚山市海岸所捲起的滔天巨浪；在南韓釜山市，更有風暴潮與風浪越堤，街道水流成河的情況發生，蔚山市部分地區的淹水情況亦十分嚴重，許多車輛被泡於水中。南韓氣象廳於芙蓉颱風期間，釜山市、蔚山市以及濟州島地面觀測站資料顯示，釜山市地面測得最大風速約為每秒 26 公尺 (相當於蒲福風級 10 級)；蔚山市地面測得最大風速約為每秒 24 公尺 (相當於蒲福風級 9 級)；濟州島地面測得最大風速約為每秒 49 公尺 (相當於蒲福風級 15 級)。



▲ 釜山市地面測站時序風速圖 (資料來源：KMA)

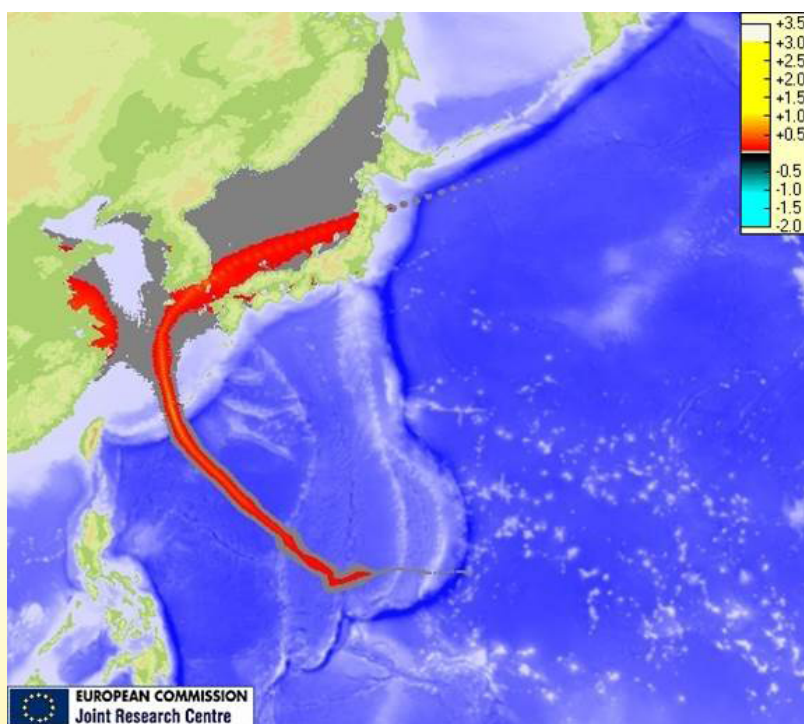


▲ 蔚山市地面測站時序風速圖 (資料來源：KMA)

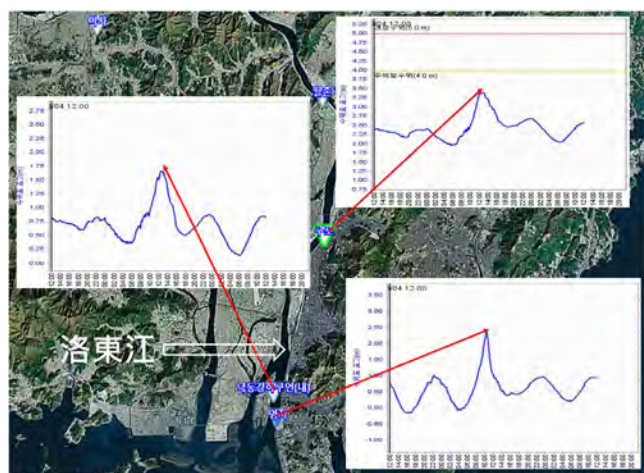


▲ 濟州島地面測站時序風速圖 (資料來源：KMA)

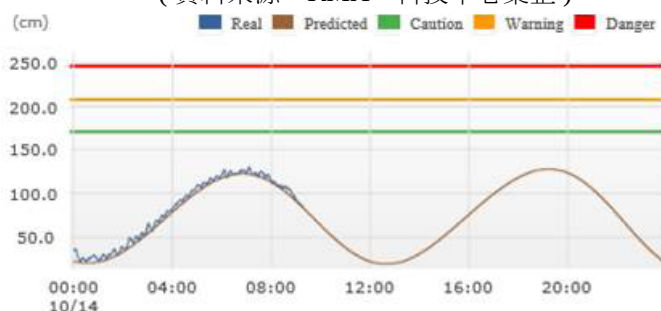
各別綠色線為釜山市、蔚山市以及濟州島 2016 年 10 月 14 日至 15 日之 24 逐時潮位歷線。由圖形可推估釜山市漲潮潮高約 1.3 公尺、蔚山市漲潮潮高約 0.65 公尺、濟州島漲潮潮高約 3.3 公尺；於芙蓉颱風侵襲期間若高潮位加上 1.0 公尺之暴潮偏差量，則釜山市最大潮位可達 2.3 公尺，蔚山市最大潮位可達 1.65 公尺，濟州島最大潮位可達 4.3 公尺。其中，釜山市潮位逼近當地危險值 2.45 公尺，蔚山市潮位超過當地警戒值 1.48 公尺，濟州島潮位則遠超過當地危險值 3.6 公尺



歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre) 模擬之 2016 年芙蓉颱風暴潮偏差量分布，由圖可看出，南韓的釜山市、蔚山市以及濟州島到偏差量約為 1.0 公尺

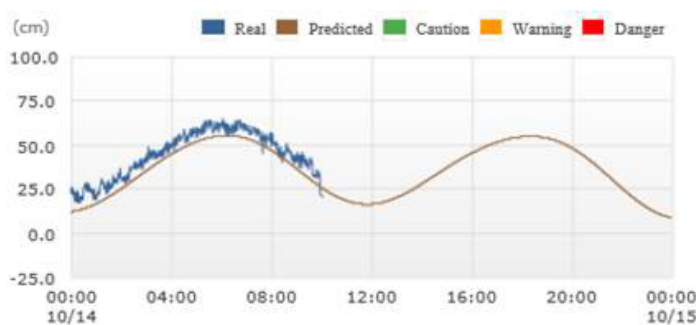


▲ 南韓釜山市洛東江水位站分布與觀測水位時序圖
(資料來源：KMA，科技中心彙整)



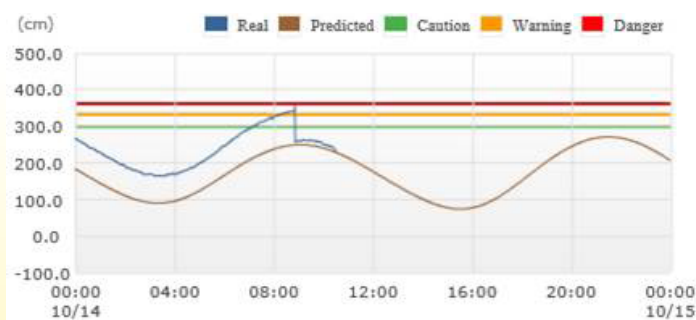
● Caution (170cm) ● Warning (207cm) ● Danger (245cm)

▲ 釜山港時序潮位 (資料來源：南韓水文與海洋署)



● Caution (101cm) ● Warning (148cm) ● Danger (195cm)

▲ 蔚山港時序潮位 (資料來源：南韓水文與海洋署)



● Caution (298cm) ● Warning (329cm) ● Danger (360cm)

▲ 濟州島時序潮位 (資料來源：南韓水文與海洋署)

分析南韓釜山市洛東江 2016 年 10 月 4 日 12 點至 10 月 6 日 12 點，沿河道靠近外海的三個觀測水位站 48 小時時序水位圖可知，最下游水位站的最高水位發生於 10 月 5 日 10 時，水位值接近 2.5 公尺；往上游第二個水位站最高水位發生於 10 月 5 日 13 時，水位值接近 1.7 公尺；往上游第三個水位站最高水位發生於 10 月 5 日 13 時，水位值接近 3.4 公尺（未超過當地黃色警戒值 4.0 公尺）。洛東江河口水位站資料顯示，該地區正常漲潮潮高約 1.0 公尺，芙蓉颱風期間水位增高至約 2.5 公尺，若排除流量對河口水位之影響，估計暴潮偏差量亦可達約 1.0 公尺左右，與歐盟聯合研究中心所推估量值接近。1.0 公尺的暴潮偏差量若加上天文潮高以及風浪的波揚 (set-up) 與溯升 (run-up) 效應，若堤防高度過低，海水即可輕易越過堤防，造成海岸溢淹。此次芙蓉颱風造成南韓南部沿海城市大範圍淹水，主要即因為颱風風暴潮與巨浪所引致。

災害特性與借鏡

南韓南部海域與日本九州間之朝鮮海峽平均水深僅約 95 公尺，海底地形平緩，若颱風逼近沿岸，有利於較大之颱風暴潮形成。因此，海堤為主要防禦海水溢淹之關鍵基礎設施；然而，興建或加高海堤雖然可以減緩或防止海水越堤所造成的外水淹水問題，但海堤亦可能阻擋內水（雨水）的流動，使其無法順利宣洩至大海。解決之道唯有人類活動範圍遠離沿海低窪地區，才能從根本免除颱風暴潮與巨浪的威脅。

▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊



中美洲暨北美洲 馬修颶風

災害概述

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 139 期 2017 年 2 月出刊

馬修颶風 (Hurricane Matthew) 行經中、北美洲地區沿途造成許多災害，主要受影響的國家包括：多明尼加共和國 (Dominican Republic)、海地 (Haiti)、委內瑞拉 (Venezuela)、哥倫比亞 (Colombia)、古巴 (Cuba)、牙買加 (Jamaica)、巴哈馬 (The Bahamas)、美國 (United States)、加拿大 (Canada) 及等 8 個國家。美國總統歐巴馬在颶風登陸前便宣布東南沿岸包括：佛羅里達、

喬治亞、南、北卡羅萊納四州進入緊急狀態，約 300 萬人接到緊急撤離的指令，移往內陸地區，核電廠關閉，全美航空大亂，約有 3,000 班由佛羅里達和亞特蘭大起飛的班機取消，總計有逾 1,200 萬美國居民受到颶風的影響。強風、暴雨及風暴潮更造成北卡羅萊納州、南卡羅萊納州及喬治亞州地區多處積淹水。古巴則於颶風登陸前已緊急疏散 130 萬居民，無傳出重

大傷亡。其他貧困國家如海地及其鄰國多明尼加共和國在強風加上豪雨狀態下，災區景象猶如斷垣殘壁。此次颶風事件總計造成8個國家約1,658人死亡、2,940萬人受影響、超過125.8億美元(相當於4,030億元台幣)的經濟損失，其中又以海地的死傷最為嚴重，而美國的經濟損失及受影響人口為最高。



▲ 受馬修颶風嚴重影響的地區及災害照片 (資料來源：災防科技中心彙整)

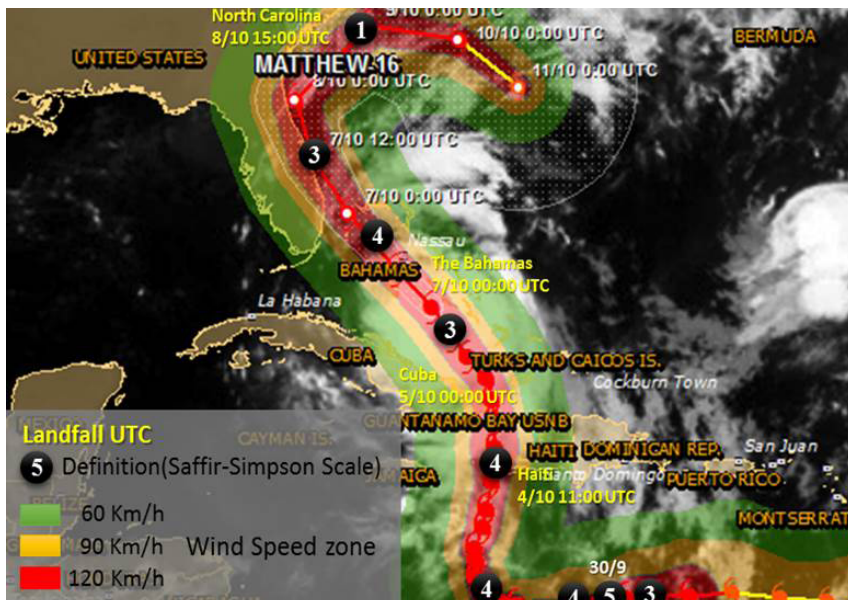
▼ 馬修颶風行經各國造成的傷亡及損失衝擊影響，其中，海地的死亡人數，經過海地政府證實死亡人數為546人，國際組織估計死亡人數則高達1600人以上，以「+」表示 (資料來源：Wiki、CEDIM)

國家	死亡人數	受影響人數 (million)	經濟損失 (billion, USD)
多明尼加共和國	4	--	--
海地	546~1600+	2.00	1.89
古巴	4	1.00	2.58
牙買加	0	--	--
巴哈馬	0	0.40	0.60+
美國	49	26.00	7.50
加拿大	0	--	0.0076+
哥倫比亞	1	--	--
總計	604~1658+	29.40	12.58+

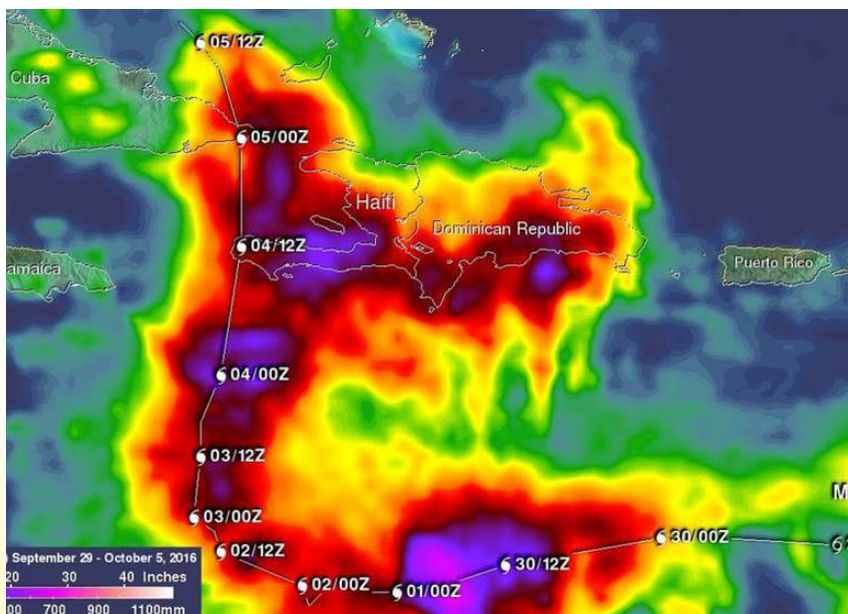
氣象及水文特性

馬修颶風於 2016 年 9 月 28 日在加勒比海東方海面上生成，29 日增強為一級颶風，並於短短 15 小時內增強至五級颶風，其中心最大風速達每小時 260 公里，持續 6 小時後便減弱為四級颶風；10 月 2 日轉往北方移動，穿過海地及古巴之間，強度持續增強；在 10 月 4 日以四級颶風的強度登陸海地西南部 Tiburon 半島，以及於 10 月 5 日以同樣的強度登陸古巴 Juaco

附近，為海地西南部地區、古巴東部地區及多明尼加共和國帶來強風豪雨；10 月 5 日馬修強度則略微減弱為三級颶風，並轉往美國東南部地區；10 月 6 日馬修強度再度增強為四級颶風，並沿著美國南部海岸前進，沿途經過的佛羅里達、喬治亞、南卡羅萊納、北卡羅萊納等州都帶來強風大雨並引發暴潮，並於 10 月 8 日在北卡羅萊納州再次登陸，強度減弱為一級颶風。



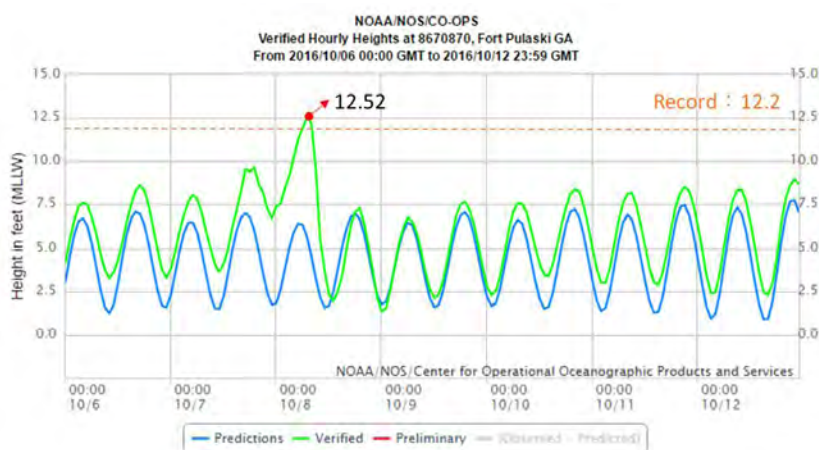
◀ 馬修颶風路徑、時間、登陸位置及風速影響範圍，圖中黑圓圈內白色數字為颶風級數，綠色涵蓋範圍為風速達每小時 60 公里區域，黃色涵蓋範圍為風速達每小時 90 公里區域，紅色涵蓋範圍為風速達每小時 120 公里區域 (資料來源 :JRC)



◀ 馬修颶風期間 (9 月 29 日至 10 月 5 日) 累積降雨，圖中可以看到馬修颶風沿途至少都有 254 毫米 (10 英寸) 的累積雨量，甚至最高達 635 毫米 (25 英寸) 左右，而通過海地與多明尼加共和國時累積雨量約有 381 毫米至 508 毫米 (15 英寸至 20 英寸) 左右 (資料來源 :NASA)



◀ 北卡羅萊卡州 Lower Little River 水位測站，由圖可見，河川水位在 12 小時內由約 3 公尺 (10 英尺) 提升至 9.8 公尺 (32.2 英尺)，較 1945 年所帶來的最高洪水記錄 8.83 公尺 (29.0 英尺) 還高出約 1 公尺 (3.2 英尺) 多，突破該測站的歷史洪水紀錄 (資料來源 :USGS)



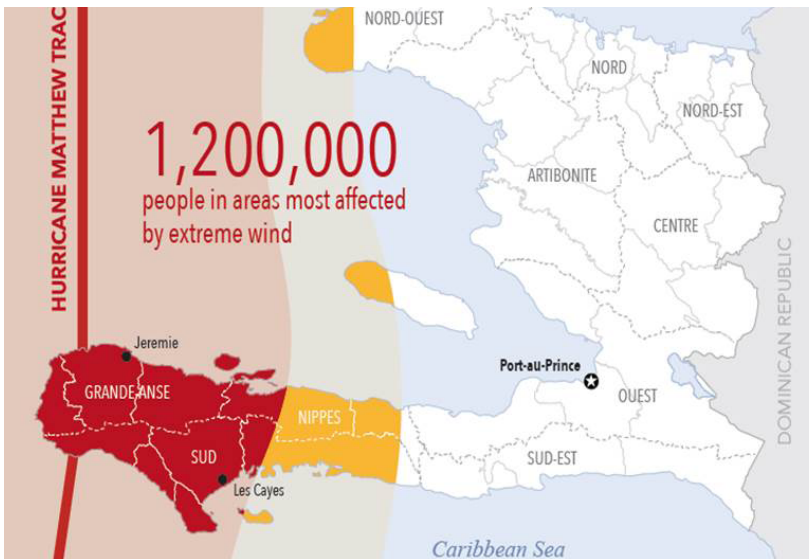
◀ 喬治亞州 Fort Pulaski 潮位測站，測得最大暴潮高 (Storm Tide) 為約 3.82 公尺 (12.52 英尺)，也打破歷史約 3.72 公尺 (12.2 英尺) 的潮位紀錄 (資料來源 :NOAA)

探討馬修颶風在海地造成的災情

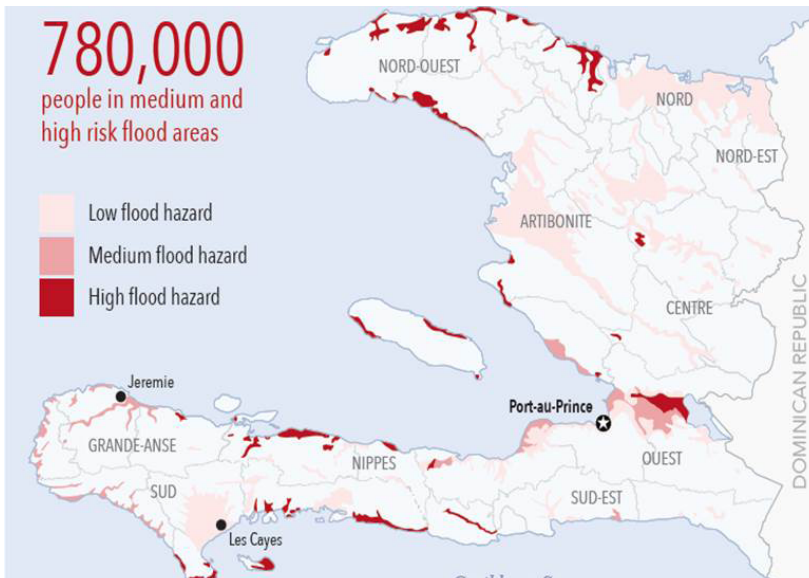
馬修颶風以四級颶風的強度登陸海地西南部 Tiburon 半島，摧毀當地大量建築物，大多數人受到海水暴漲、斷裂樹枝擊中而死亡，強風及豪雨也造成多處洪水及崩塌發生，影響道路通行，使得人民疏散及救援更加困難；並且，也因大水氾濫，洪水與汙水混雜，人民無法取得乾淨的用水，加劇霍亂等傳染病爆發的風險。南部主要城市熱赫米 (Jérémie) 更高達 80% 的建築遭到風雨摧毀，近乎滅城；而作為太子港首都和南部地區之間重要聯結的拉迪格大橋 (La Digue bridge)，更於風暴中倒塌，使得西南部半島一度形成孤島局面，資訊與物資傳遞受阻礙，疏散及救援困難。

根據海地政府官方初步評估報告，截至 10 月 13 日統計，海地經證實的死亡人數為 546 人，未經證實

死亡人數則高達 1600 人以上；而截至 11 月 11 日統計，約 212 萬人受到影響，又以 Sud, Grand' Anse 省份受影響最大，占海地人口的 12%。其中，有約 17 萬人被安置於臨時避難所、約 175 萬人流離失所；約 150 萬人需要人道救援，其中以 Grand' Anse 省份最多，有超過 80 的人口需要人道救援。根據 UNOCHA 報告，海地經濟損失初步估計達 18.9 億美元 (相當於 610 億元台幣)。而馬修颶風對於海地的破壞，可歸因於：颶風行進路徑近及風力強度大、海地當地建築物脆弱及多暴露於洪水及崩塌高風險區位。風災期間拉迪格大橋倒塌後，民眾冒險穿越洪水暴漲的河川，以及災後南部城市熱赫米街道滿目瘡痍；災後衍生乾淨水源缺乏問題，以及物資拮据而引起民眾爭搶的狀況。



◀ 海地受極端風速影響範圍及人口，海地有 120 萬人以上的人口暴露在每小時 90 公里以上的極端風速影響範圍內 (資料來源：聯合國人道事務協調廳 UNOCHA)



◀ 馬修颶風在海地造成的淹水風險分布，海地有約 78 萬人口暴露於中高洪水風險影響範圍中 (資料來源：聯合國人道事務協調廳 UNOCHA)

海地政府作為及各國人道救援組織的協助

海地政府於 10 月 3 日發出紅色警報，正式要求聯合國援助。聯合國及世界各國共捐贈 1.2 億美元 (相當於 37.9 億元台幣) 的急難救助金，來協助海地的救難行動，以因應後續需求。而海地政府及人道救援組織又將執行重點分為以下四點：(1) 提供即時的緊急援助 受影響的居民。根據加勒比海災害緊急管理局 (CDEMA) 於 10 月 31 日統計，有 140 萬人面臨糧食不安全，其中 80.6 萬人需要緊急糧食援助，並已提供了全國各地受影響地區約 788.54 公噸的援助；(2) 協助恢復受影響地區的生計及基礎設施服務。截至 11 月 16 日，水資源單位已經在 Grand' Anse, Nippes 和 Sud

等受影響地區建立近 30 個移動式水資料處理設備，為至少 10 萬人提供乾淨的飲用水源。另外，協助道路搶通以利救援物資送入受影響區域。而學校方面，初步評估顯示有 774 所校舍遭到損毀，教育部考慮與工程學校合作，對受損建築物進行技術評估；(3) 減少洪水影響區域的霍亂和其他由水傳染疾病的風險。根據 UNOCHA 資料指出，目前 Grand' Anse 及 Sud 已有 90% 的目標人口在 11 月 8 日至 18 日之間完成了霍亂疫苗接種；除此之外，熱赫米 (Jérémie) 也建起大型公墓，暫時舒緩傳染病爆發的風險；(4) 確保婦女平等參與決策。

災害問題探討

歷時 12 天的超強颶風馬修，挾帶極端強風豪雨，一路由南而北登陸了海地、古巴、巴哈馬及美國北卡羅萊納州等地，不但打破沿途局部地區的雨量、水位及潮位測站的歷史紀錄，更造成了各國多處崩塌、洪水及風暴潮災害的發生。總計造成中、北美洲多達 8 個國家約 1658 人死亡、2,940 萬人受影響、超過 125.8 億美元的經濟損失，其中又以海地最為嚴重。海地政府也於災後提出聯合國人道救援組織的要求，

世界各國共捐贈 1.2 億美元（相當於 37.9 億元台幣）的急難救助金，來協助海地的救難行動。

而馬修颶風對於海地的破壞，除了可歸因於本身落後現象，包括：低人類發展指標、建築物脆弱及其暴露於洪水及崩塌高風險區位、並仍在經歷 2010 年地震重建、霍亂及乾旱肆虐等不安全條件下，加上馬修颶風行進路徑近、風力強度大，都是造成此次死傷及損失嚴重的致命原因。



▲ 照片來源：EPA/ 典匠資訊

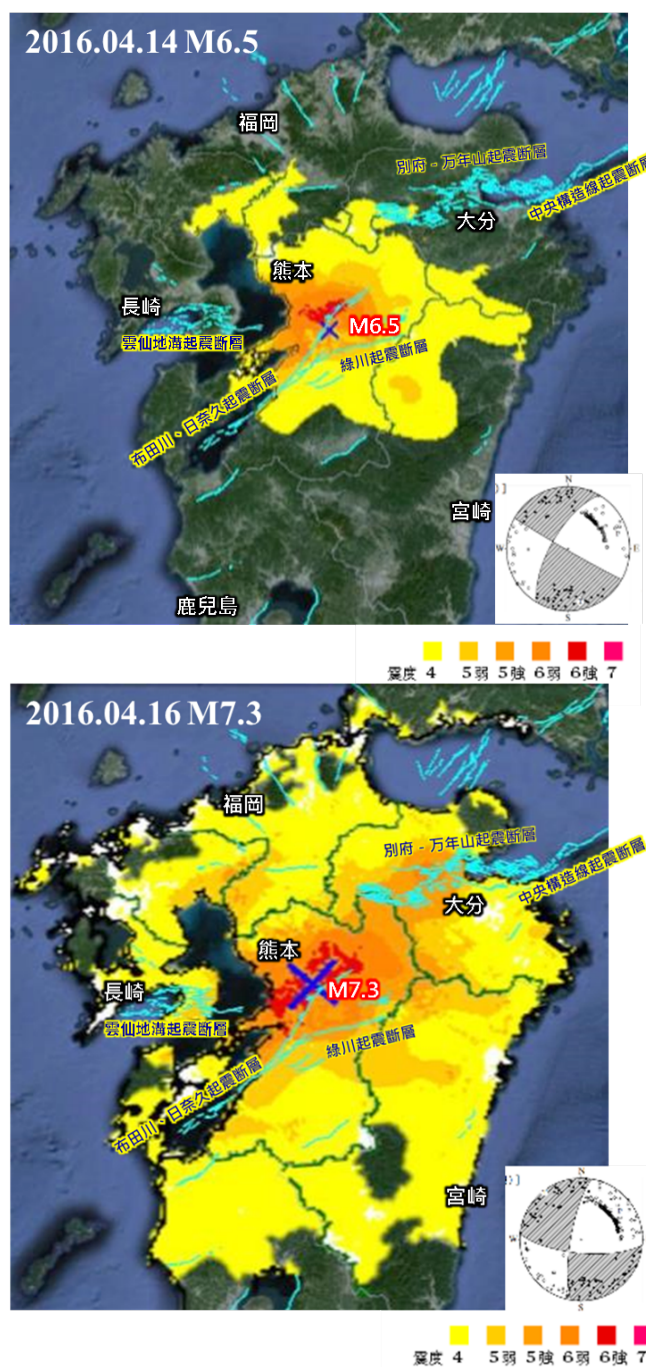


日本 熊本地震

地震概述

日本九州熊本縣於當地時間4月14日21時26分、15日0時3分、16日1時25分發生芮氏規模6.5、6.4及7.3三次強烈地震，最大震度分別為7級、6弱級及6強級。震央位於九州中部的熊本縣上益城郡益城

町附近，震源深度約12公里。本次前震與主震最大震度皆為震度7，益城町在本次前震與主震中均有測得（亦為前震中唯一觀測到震度7之區域），西原村則只在主震中觀測到，是日本自1949年設立震度7

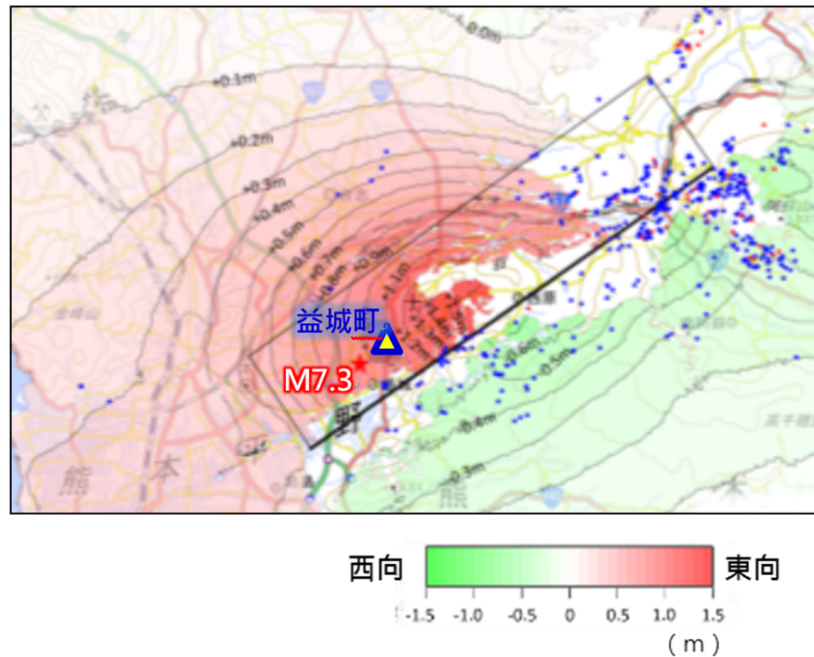


▲日本熊本縣規模 6.5(上)及 7.3(下)地震之震度分布
(資料來源：日本氣象廳、國立研究開發法人產業技術綜合研究所、災防救科技中心加值繪製)

以來，繼 1995 年的阪神大地震、2004 年的新潟縣中越地震和 2011 年的 311 大地震後第四、五度觀測到震度 7 的地震，同時也是日本自 1949 年來第一次數日內在同一區域連續兩次觀測到震度 7 級。另外，因震

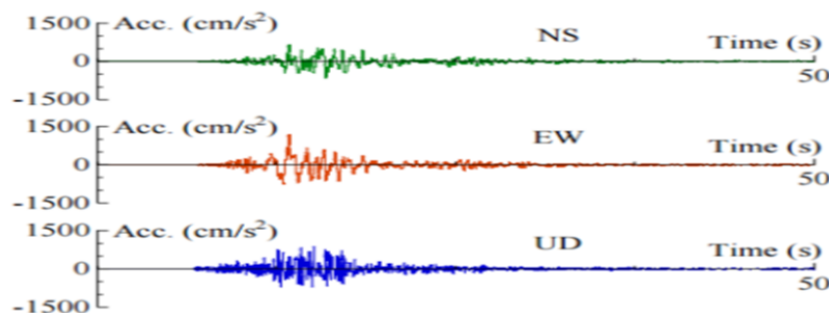
央距離阿蘇火山僅約 30 公里，引起民眾憂心及國際媒體關注。

益城町為本次地震重災區之一，其鄰近本次地震震央，且位於斷層主要錯動側，引發強烈地動，造成



▲ 地表水平變形 SAR 影像辨識結果

(資料來源：日本國土交通省國家地理院)



▲ KiK-net 益城測站地震波三向歷時紀錄（資料來源：熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会）

大量建築物倒塌、道路與橋梁受損。由益城町內之地震測站（KiK-net 益城測站）監測資料分析結果，該次地震造成益城町地表加速度之東西向分量高達 1200gal，且由反應譜分析結果亦顯示東西向速度反應譜值明顯超出設計規範，顯見對於結構物會造成嚴重破壞。

災害概述

此次地震造成近 7 千 700 棟建物破壞全倒，49 人死亡，347 人重傷。又因地處山區，強烈的振動引起坡地崩塌，造成許多道路中斷，物資無法順利運送至災民家中，熊本縣超過 9 萬 4,000 人因此被疏散至避難收容所。此外，地震造成重要設施（機場、港口、

水壩)毀損、維生設施(電力、天然氣、自來水、通訊)中斷、文化資產(熊本古城、阿蘇神社)受損、企業營運(半導體、汽車)受創等各式災情。

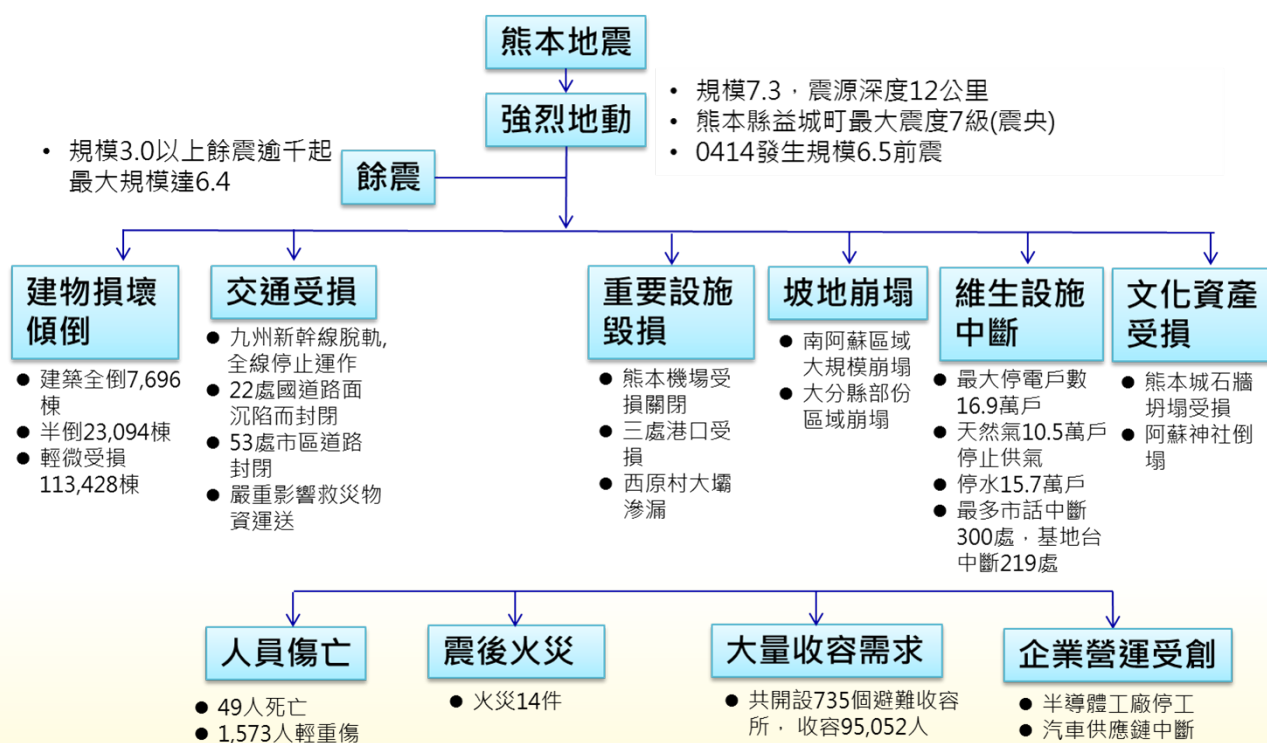
由陳宏宇主任帶領勘災團隊在日本防災科學技術研究所（National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, NIED）協助安排下，主要以斷層與地表開裂特徵、建物與橋梁毀損、阿蘇山區大規模崩塌、文化資產毀損等面向為本次勘查重點。

(一) 益城町建物、橋梁災損與坡地崩塌

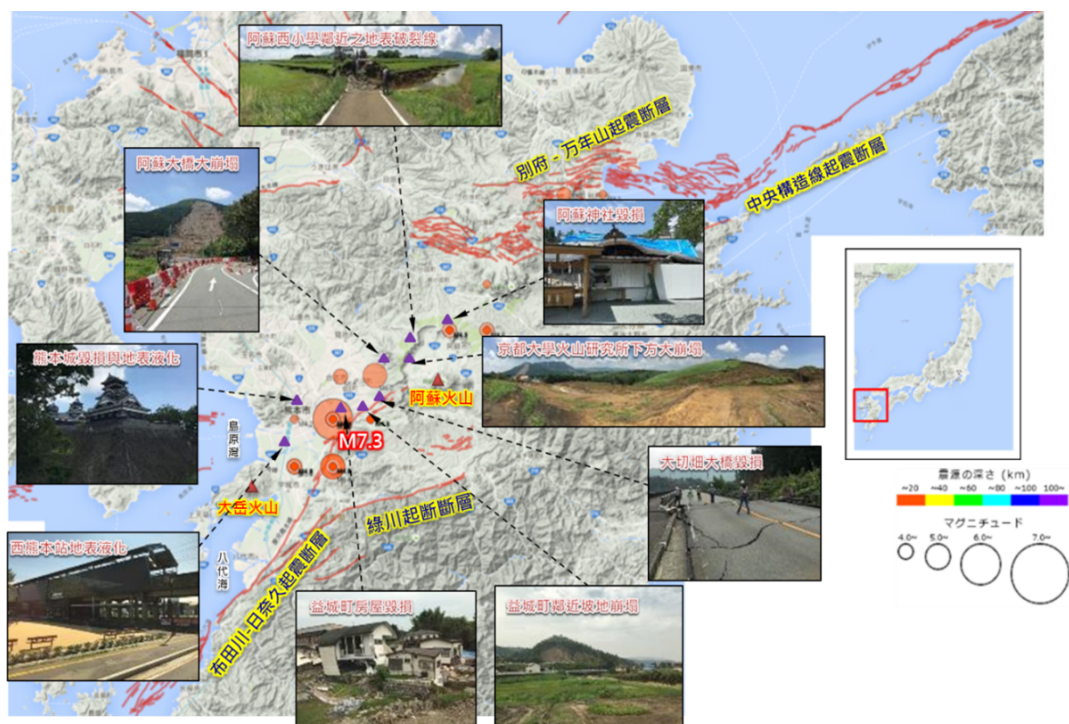
益城町為本次地震重災區之一，其鄰近本次地震震央，且位於斷層主要錯動側，引發強烈地動，造成大量建築物倒塌、道路與橋梁受損。



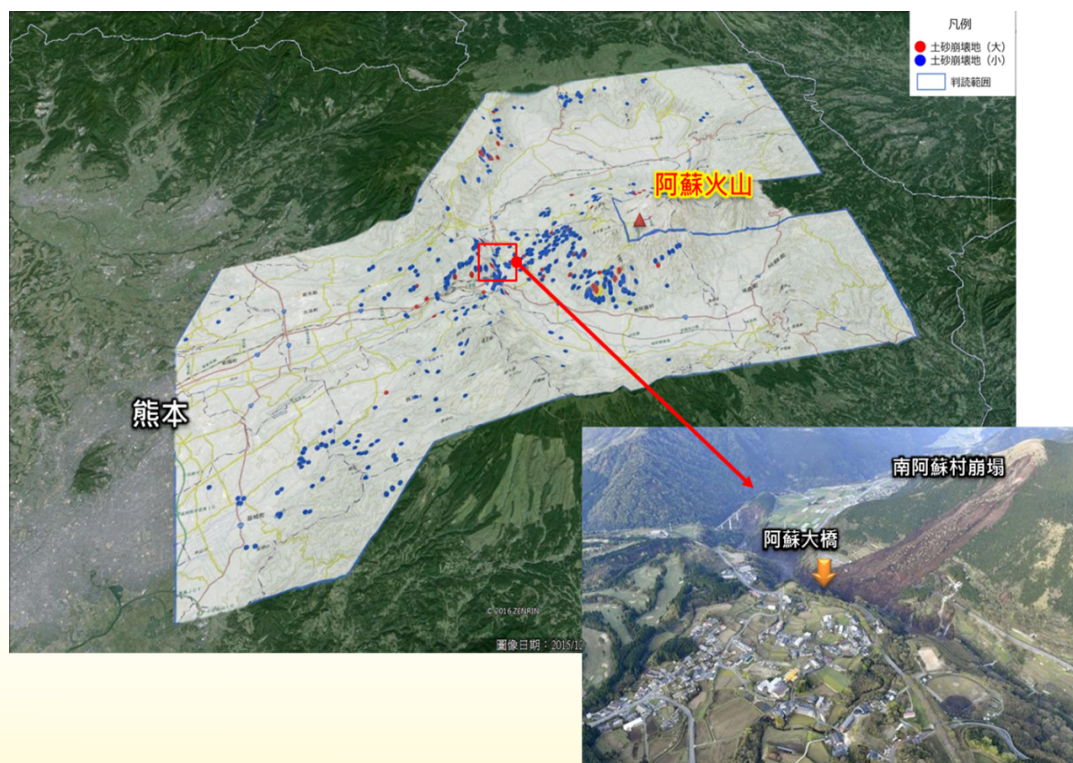
▲ 益城町木造結構建物毀損，因傳統文化與民眾居住習慣之關係，日本住宅仍有大量木造建物，此類建物除因強烈地動造成毀損外，木造結構亦常因屋頂過重導致地震時產生過大水平剪力造成建物毀損（資料來源：災防科技中心）



▲ 熊本地震災情分類彙整，共計 10 類的災害面向
(資料來源：日本內閣府應變對策本部)



▲ 熊本地震主要災點與斷層位置，此次災情主要沿著布田川 - 日奈久斷層沿線，益城町附近出現明顯的地表破裂線，確認此次地震是由右移斷層所造成（資料來源：日本國立研究開發法人產業技術綜合研究所、災防科技中心攝）



▲ 距離震央約 28 公里的南阿蘇村發生嚴重崩塌，阿蘇大橋遭土石沖毀，鄰近道路亦遭掩埋，聯外交通因而中斷。阿蘇地區共發生數百處崩塌事件，圖中紅色點位為崩塌面積較大的地區（資料來源：日本國土交通省國家地理院，災防科技中心加值繪製）

(二) 大切畑大橋橋體受損

大切畑大橋位於西原村大切畑地區，屬熊本縣 28 號縣道之一部分，為連接西原村與阿蘇地區之重要橋梁。該橋周遭地表與鄰近村落均因強烈地動而產生嚴重受災之情形，包括鄰近坡地發生崩塌與土層滑動，並引致擋土設施變形過大而破壞，以及舊有道路因土石崩塌而阻斷，而相鄰之村落，有 80 棟建物倒塌之災情。

而勘查橋體上部結構，則以橋梁位移過大於橋台處產生明顯錯位與破壞為主，於連接西原村側，橋體上部結構與橋台有水平錯位約 100 公分、垂直錯位約 60 公分之破壞，但橋體上部結構本身並無明顯結構性損傷，甚至並未造成落橋，應可初步研判採行新規範

並使用積層橡膠墊隔震技術，對橋梁上部結構確實產生有效之耐震保護效果，降低破壞程度與後續修復之難度。

(三) 阿蘇山區大規模崩塌

九州地區地質以火山噴發後之火成岩岩體為主，部分地區為沉積岩岩體，但構成沉積岩岩體之碎屑物來自風化的火成岩岩體與噴發的火山灰。由於火成岩成份易受風化，且火山活動之熱作用更加速風化現象，故該區域之地層越靠近火山地區風化等級越高，在受震後也較易發生崩塌現象。該區域雖離地震震央距約 30 公里，但本次地震較大規模之崩塌主要分佈於鄰近阿蘇火山山區，主要道路沿線山坡多處可發現不同規模之崩塌。



▲ 大切畑大橋橋體受損情形（資料來源：日本國立研究開發法人產業技術綜合研究所、災防科技中心）



- ◀ 阿蘇西小學鄰近之地表開裂情形，阿蘇西小學鄰近地表受本次地震影響造成明顯開裂，且開裂方式符合平移斷層造成開裂線坍塌之特性，故日本學界初步認為阿蘇山區亦為本次布田川 - 日奈久斷層開裂延伸之區域，此結果表示該斷層可能較原先調查之斷層長度（未延伸入阿蘇山區）更長，此為日本學界於本次地震後調查與研究重點之一（資料來源：災防科技中心）



- ◀ 阿蘇大橋處大崩塌情形，阿蘇大橋為國道 325 號之一部分（轉入國道 57 號入口），橋梁跨越黑川，為南阿蘇地區主要聯外交通動線。本次地震造成阿蘇大橋西側山體大規模崩塌，大量土石衝擊阿蘇大橋，造成橋體斷裂並墜入下方黑川河谷，現場僅餘引道，已完全不見任何橋體。本處除因仍屬風化程度相對高之火山地質，另由斷橋處檢視下方河道崩塌面，可明顯發現岩層節理構造明顯，亦為易發生崩塌之潛在威脅因素（資料來源：災防科技中心）



- ◀ 臨時避難收容所情形（照片來源：EPA/ 典匠資訊）

災害特性與借鏡

透過實地現場勘災瞭解地震致災因素外，並觀察日本防災應變處置方式，作為災害事件學習之借鏡：

(1) 應用資訊科技協助救災工作，降低工作人員風險

九州於地震後即進入當地雨季，若遇強降雨可能造成二次土石災害，故災害於崩塌影響範圍內之相關救災與復原工程施作，均以由遠端遙控之重機械進入操作，盡可能減少工作人員施作時受災之風險。

(2) 重視文化資產維護，注重修復工程細節

此次地震造成熊本城、阿蘇神社等重要文化資產嚴重毀損，而災害之相關復原與重建計畫，均依最大可能復舊（包含外觀與材料均最大可能恢復原狀）之原則進行規劃。如熊本城受強震影響造成多處石牆崩落，維護單位盡可能將崩落之壘石進行編碼與安置。



▲ 熊本城壘石原地重建規劃
(資料來源：災防科技中心)



▲ 南阿蘇村鄰近道路狀況 (照片來源：EPA/ 典匠資訊)

歐洲 義大利地震



地震概述

義大利中部 Norcia 地區於 8 月 24 日發生規模 6.2、深度 10 公里之淺層地震，依據 USGS 震源機制解屬正斷層機制。本次地震發生之後至 10 月 31 日間，鄰近區域陸續發生 3 起規模 5.5、6.1 與 6.6 且深度均在 10 公里內之淺層地震，依據義大利相關學者初步調查與分析，此 3 起地震亦均為正斷層機制，與 8 月 24 日規模 6.2 地震屬相同之錯動機制。

經由地表震動歷時分析結果發現，於 Arquata 地區之地表最大加速度達 366.77gal（8 月 24 日）與 476.43gal（10 月 31 日），相當於台灣震度 6 級與 7 級之強烈地震，但短週期譜加速度更接近 2000gal，對本地區多屬歷史建物之低矮型態建築造成嚴重衝擊，此地動特性應為本地區建物嚴重受災之原因。



▼ 照片來源 :EPA/ 典匠資訊



▲ 10 月 31 日震央與堰塞湖及維索 (Visso) 城鎮的位置關係 (資料來源：災防科技中心彙整)

災害概述

本序列地震主要影響區域為義大利中部 Abruzzo, Lazio, Marche 和 Umbria 四區，Ascoli Piceno, Fermo, L' Aquila, Macerata, Perugia, Rieti 和 Teramo 等 7 個省市。此區域地形多為高山，海拔高度超過 900 公尺的面積超過 70%，平均人口密度約為 15 人 / 平方公里，遠低於全國平均值 200 人 / 平方公里，人口分散於山區聚落，並以歷史古蹟為主要之城鎮人文風貌。

因該地區諸多城鎮之建物為歷史古蹟建築，多以石造或磚造為主，屬未有耐震設計要求之結構特性，故震後房屋損毀率高，造成中部地區城鎮 Arquata del Tronto 及 Pescara del Tronto 等地嚴重的人員傷亡和建築倒塌，災害除了衝擊當地民眾生活外，許多古蹟文物亦有相當程度的損毀。且因 8 月 24 日規模 6.1 地震因發生於當地時間凌晨 3 點 36 分，為當地居民居家休息之時間，難以於第一時間警覺與緊急避難，故本起地震造成近 300 人死亡之嚴重災情。而 10 月 31 日規模 6.6 之地震，震央位置靠近 Visso 山谷地區，故除造成 Visso 城鎮建物毀損外，並發生山谷土石崩落阻塞河道，於 Nera 河產生堰塞湖災情，並阻斷通往山區之道路，對第一時間救援造成影響。

災害衝擊

義大利中部 Arquata 災區

(一) 歷史建物毀損

本次地震 Arquata 與 Capodacqua 等城鎮為主要建物毀損嚴重之災區，因 Arquata 與 Capodacqua 均係建造於西元 1760 年之古城鎮，故主要災損型態均為大量磚造、石造之歷史建物嚴重毀損。該地區之住民災後已全部遷移，災區城鎮由警察單位進行管制。



▲ Arquata 大量磚造石造之歷史建物嚴重毀損
(資料來源：災防科技中心)



▲ Arquata 大量磚造石造之歷史建物嚴重毀損
(資料來源：災防科技中心)



(資料來源：EPA/典匠資訊)

(二) 公路隧道與橋梁毀損

本次地震於 Arquata 地區造成隧道與橋梁毀損之災情，主要受災之隧道與橋梁均屬 SS685 公路之一部分。隧道部份主要係因受到斷層錯動影響，造成隧道路面陷落約 30 公分，以及斷層切過隧道處造成襯砌壁體受剪力破壞之災情。但因該隧道於選線時，採用符合「軸線應與斷層構造線呈直交或近乎直交穿越」原則，故本次地震明顯發現將損壞控制於斷層錯動處，大幅降低災損程度。

而橋梁部份，主要災情為橋梁連接隧道橋台第一跨因上部結構錯動造成明顯沉陷狀況（約 45 公分），以及多處橋墩底處有明顯受損現象。經現地勘查發現橋墩損壞應屬塑性鉸設計位置，損壞型態主要為保護層破裂與內部混凝土體破碎，鋼筋並未有剪切或拔伸破壞，此型態亦為塑性鉸設計之破壞型態，亦可初步顯示耐震設計發揮應有之保護機制。



▲ SS685 公路隧道毀損情形

(資料來源：災防科技中心)



▲ SS685 公路橋梁毀損情形

(資料來源：災防科技中心)



▲ SS685 公路橋梁毀損情形 (資料來源：災防科技中心)

Visso 鎮附近堰塞湖

Visso 鎮所處區域之地層屬於 Umbria–Marche 盆地序列，因此在本次野外考察過程中，現地見到由層狀石灰岩、塊狀石灰岩，以及泥灰岩所組成的邊坡。受到構造作用的影響，當地之岩體多存在許多節理，在層狀石灰岩中也常可見到褶皺構造，顯示該地區之地質材料容易呈現破碎狀態，屬於工程地質性質不佳的岩體，因此容易發生邊坡破壞，在多數邊坡下方均可見到落石堆積而成的崖錐。綜合 Visso 附近岩層地常有特徵，可以簡單歸納出幾點工程地質特性：

1. 岩層層面、多組節理與褶皺劈理組成複雜且破碎的岩體構造，以及陡峭邊坡，導致區域內容易出現各種形態之邊坡災害，例如：落石（rockfall）、翻覆（rock toppling）、順向坡（dip slope slide）、岩屑崩落（debris avalanche）。
2. 崖錐堆積是過去落石災害的證據，仍位於較高邊坡

的崖錐堆積也可能造成二次或後續的災害。

3. 鬆軟未完成壓密的河道沖積層，在河流沖刷或地震作用下，便可能產生沈陷或出現張力裂縫。

Visso 鎮附近的堰塞湖距離 10 月 31 日地震震央約 10 公里，堰塞壩體的土石來源為 Nera River 河左岸的一處崩塌，其崩落岩屑體積約 600,000 立方公尺，岩屑向北崩落阻塞 Nera River 河道，導致河水漫流淹沒一旁的 SP209 公路以及明隧道。災害前後的影像比對可以明顯發現，河流左岸邊坡上的植生比顯減少，較低的邊坡高程也有下降的現象。因該公路屬於當地重要聯絡幹道，所以道路的中斷亦可能增加災害救援或物資運輸的困難。由此可知，2016 年 10 月發生於義大利中部的一連串地震事件為引發邊坡崩塌的外在因素，而 Visso 鎮所在地區之地質及地形條件有利於岩石塊體崩塌則是內在條件。



▲ Visso 鎮附近邊坡岩層狀況 (資料來源：災防科技中心)



▲ 災後堰塞湖情形 (資料來源：災防科技中心)



▲ 2016 年 11 月 1 日所拍攝之 UAV 影像 (資料來源：Ruptly TV)

DICOMAC 義大利災害應變指揮中心

義大利災害應變指揮中心 (DICOMAC) 乃依據 1992 年義大利公民保護之災防相關法規成立，隸屬於義大利民防部（The Civil Protection Department）轄下的臨時性單位，一般來說任務時間約 3~6 個月不等，但仍會視災情嚴重程度而延長，主要的單位角色及首要工作任務是整合協調中央、地方政府，及不同單位部門間之災時應變、災後復原指揮決策。

DICOMAC 成員編組非常細緻，約分為 14 類，包括：整合協調組、物資援助組、救災技術組、志工團體、新聞通訊組、醫療衛生與社會救助組、民生服務組、道路搶通修復、緊急通訊組等等。工作任務重點包括：（1）協助評估受災人口，估算所需之臨時收容所（帳篷、旅館）數量、（2）房屋損毀受災戶財務補助、社福資源分配規劃、（3）準備及管理臨時收容所、（4）建築物損壞評估、（5）緊急臨時狀態時可介入行政程序、（6）促進地方和中央協調中心之間的聯繫和合作。

因應 2016 年義大利中部地震應變需求而設立的 DICOMAC，位於義大利中部拉齊奧地區的一座城市列蒂（Rieti）。由於該市距離 2016 年 8 月及 10 月的地震受災區相近，故民防部暫借用當地警察局其中一棟大樓作為 DICOMAC 辦公室，提供各單位臨時進駐



▲ 義大利災害應變指揮中心 (DICOMAC)

使用。在民防部決議下，DICOMAC 於 8 月 28 日上午 12 點於列蒂開設。首要任務是與學研單位 INGV, CNS 等共同針對地震規模進行災情模擬即時評估結果，透過系統模擬出各地區可能的受傷人數、無家可歸者人數、房屋倒塌數，繪製地圖後提供指揮官參考。除此之外，工作任務包括：進行地震科學調查、協助開設臨時收容所及物資供給、災區現場勘災調查及邊坡道路修復、文化遺產搶救及保護管理等。

DICOMAC 每日上午 8：30 至 9：30 會召開情資協調會議，透過會議彙整各編組的最新狀況，以利研擬當日救援及災後復原工作的決策。

▼ 8 月 24 日地震，義大利政府啟動應變歷程

時間	義大利民防部應變作為
Am 3:36	地震發生
Am 4:00	部會緊急會議 Operational Committee meeting
Am 4:30	於列蒂設置 Provincial coordination center
Am 5:00	評估及協調小組進駐災區現場
Am 6:30	民防部第一次記者會
Am 10:00	民防部部长等首長現地勘災

結論

經由參訪義大利救災機構與學研單位，以及實際勘查災區現地狀況與自然環境特性，觀察義大利地震面臨在地化災後應變及復原問題如下：

1. 當地房屋多以石磚造或木造居多，故震後房屋損毀率高，臨時收容人數高。當 8 月 24 日地震發生後，當地許多房屋倒塌，毀損程度嚴重，據初步統計於 24 小時內收容所的收容人數約為 400 人，隔至 48 小時的收容人數陸續增加至 2500 人，整場事件的最高收容人次高達 4800 人。
2. 當地多為畜牧業，災後農舍損壞、農場地貌改變、聯外交通中斷、山區天氣寒冷等問題，當地面臨如何救援及收容大量畜牧動物的問題。
3. 歷史古蹟損毀數量多，但因文物修護資金尚未到位、文物修護亦有法規等條件限制，以及修復重建技

術須專業人力投入及整合評估，因此無法立即進行處理。

4. 救災指揮中心 DICOMAC 各組辦公室，隨處可發現「地圖」，顯見是指揮所整合情資時的重要溝通方式。這些地圖除了有一致性的製圖規範外，各組會將負責的相關主題地圖張貼於門口牆上，以利其他組隨時了解最新狀況。
5. 志工團體與 DICOMAC 平時皆已事先溝通協調災時負責的協力區域，也有許多教育訓練等協調合作，各志工團體會清楚知道自己的責任分配，因此當災害發生進駐指揮所後，能有效率、配合指揮需求調度人力及物資，所以未出現大量物資、志工人力湧入災區的問題。



▲ 照片來源：EPA/ 典匠資訊

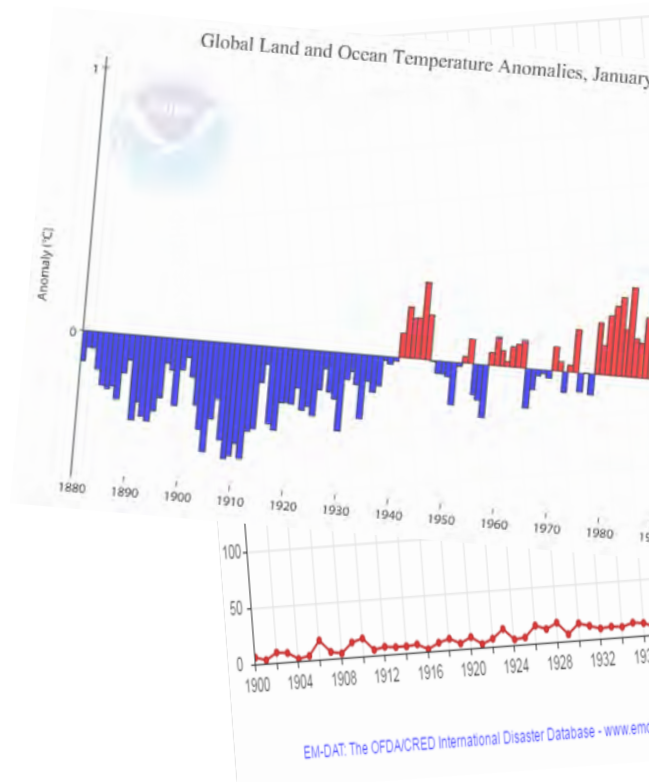
結論



從各項災害數據看來，2016 年是全球溫度最高的一年，同時也是近十多年來災害總次數最少的一年。由於整體災害次數的下降，而且沒有巨災的衝擊，幸運的，這一年因為災害傷亡人數與過去相比，屬於較少的一年。

但是看災害的影響不只是看災害次數與傷亡數字而已，還必須從多元面向來看。例如：因為全球溫度升高，造成加拿大的森林大火事件，影響範圍遠超過過去的森林大火面積與時間，顯然因撤退得宜，人員傷亡少，若以災害計算次數也僅是一件災害，但是影響層面之廣，及經濟損失之大，都已創下加拿大因天然災害損失的新紀錄。而且高溫影響的另一特性是緩慢且大範圍的，過程中導致的乾旱事件、水資源分布不均，更是長遠的，對於未來災害衝擊面向更是複雜。

以台灣為例：2016 年一開始即使是全球溫度屢創新高，我們卻是遭遇半世紀以來最大的寒流事件，人員傷亡不大，但是第一時間估計的農漁業損失，就已經達 40 餘億新台幣，遠高過一場颱風事件的損失，更別說後續對農業持續的影響。

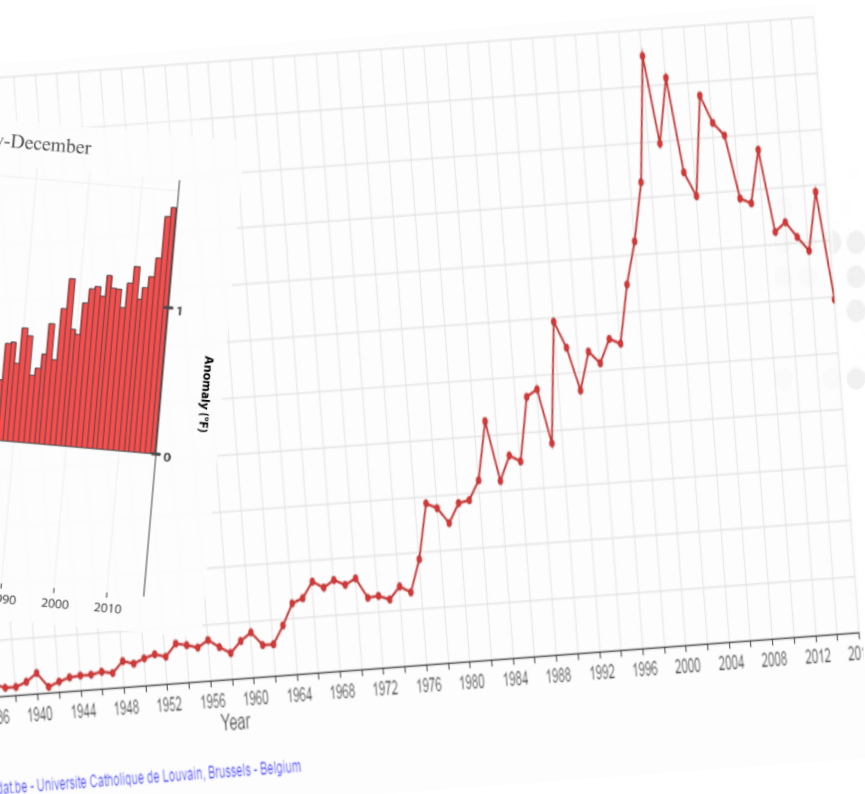


2016 年我們遭遇的颱風事件，包括：尼伯特、莫蘭蒂、馬勒卡與梅姬等颱風，雖然樣態是颱風，但是災害型態主要是強大風力造成的農業損失、電力系統受損、路樹倒塌、招牌掉落、市容破壞等，17 級強陣風所到之處，滿目瘡痍。這幾次的颱風損失，風災更大於淹水或是崩塌，但是風災的預防卻又是更難的挑戰。

如果我們更細緻的看防災問題，2016 年獅子山颱風，在日本東北地區登陸，造成岩手縣樂々樂々高齡養護機構 9 位收容長者於洪災中喪生的事件，值得我們同為邁向高齡社會的注意。長照機構受災的問題，在日本與台灣都已經不是第一次遇見了，建立制度、落實制度是迫在眉睫的防災課題。

2016 年日本熊本與義大利地震，都有許多歷史建物受到破壞，兩個國家對於古蹟維護與重建，甚至於防災的配合都有完整的經驗與步驟。相對於我們，平常就應該對歷史建築、古蹟做好防災規劃與演練，並進一步研擬保存與重建的方式。

過去對於全球暖化的變異、極端災害事件的衝擊，總有許多高度連結，但是這幾年的趨勢中，持續的高溫與災害的衝擊又變得更複雜的難以描述，或許災害型態是在轉變中，或許樂觀的期許，就讓這災害下降趨勢持續進行吧！



參考文獻

- 中央氣象局
<http://www.cwb.gov.tw/>
- 日本氣象廳
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 日本國土地理院
<http://www.gsi.go.jp/>
- 南韓氣象廳
<https://web.kma.go.kr/eng/>
- 義大利民防部
<http://www.protezionecivile.gov.it>
- 經濟部水利署
<http://www.wra.gov.tw/>
- 農委會水保局
<http://www.swcb.gov.tw/>
- 歐盟聯合研究中心
<https://ec.europa.eu/jrc/en>
- ACAPS
<https://www.acaps.org/>
- EM-DAT
<http://www.emdat.be/>
- National Aeronautics and Space Administration, NASA
<https://www.nasa.gov/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA
<http://www.noaa.gov>
- Natural Resources Canada
<http://www.nrcan.gc.ca/>
- OCHA
<https://www.unocha.org/>
- Reliefweb
<http://reliefweb.int/>
- The World Bank
<http://www.worldbank.org/>
- USAID
<https://www.usaid.gov/>
- USGS Water Watch
<http://waterwatch.usgs.gov/>
- Wiki
<https://zh.wikipedia.org/>

天然災害紀實 . 2016 / 張志新、柯孝勳主編 .
-- 新北市：國家災害防救科技中心，2017.03
面；公分
ISBN 978-986-05-2191-7(平裝)

1. 自然災害

367.28

106004667



2016

天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK

發行人：陳宏宇

編輯委員：林李耀、周學政、李維森、吳瑞賢、林銘郎

主編：張志新、柯孝勳

執行編輯：施虹如、傅鏹漩

作者群：于宜強、王安翔、王俞婷、朱容練、江申

吳子修、吳佳容、吳宜昭、吳秉儒、吳亭燁

呂喬茵、李香潔、李宗融、李中生、林欣弘

林義凱、林佳瑩、林聖琪、林又青、林冠瑋

柯孝勳、柯明淳、施虹如、張志新、張駿暉

陳偉柏、陳淡容、陳奕如、陳怡臻、傅鏹漩

黃明偉、黃柏誠、黃暄穎、葉森海、劉哲欣

劉淑燕、鄧敏政、謝蕙如、魏曉萍、蘇元風

龔楚嫻（依姓名筆劃排序）

出版者：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

網站：國家災害防救科技中心 www.ncdr.nat.gov.tw

天然災害紀實 satis.ncdr.nat.gov.tw/ndd/

發行日期：2017 年 3 月

2 0 1 6

天然災害紀實



行政法人國家災害防救科技中心
www.ncdr.nat.gov.tw